„*Despre viitor* ne oferă previziuni despre apropiatele dezvoltări tehnologice și ne dă speranţa că omenirea are capacitatea de a folosi știința pentru a vindeca o planetă deja rănită și a îmbunătăţi viaţa pe ea… Această colecţie de idei atotcuprinzătoare, dar ușor de înțeles ne transmite și ne face să luăm parte la perspectiva optimist-tehnologică a lui Rees privind viitorul omenirii”.

Publishers Weekly

„Ca incursiune uimitoare printre progresele captivante ale științei și tehnologiei care lansează provocări neliniștitoare societăţii, *Despre viitor* este o lectură ideală pentru oricare cetăţean al secolului douăzeci și unu”.

Marcia K. McNutt, președinte al National Academy of Sciences

„O analiză captivantă a celor mai importante probleme cu care se confruntă azi omenirea, impregnată cu discernământ și inundată de speranţă și de iubire de oameni”.

Steven Pinker, autor al volumului *Enlightment Now*

„*Despre viitor* este o încântare intelectuală și o lectură obligatorie pentru orice locuitor de pe planeta Pământ – și chiar dincolo de ea, dacă extratereștrii există. Cu înţelepciune și originalitate, Martin Rees, cel mai reputat astronom în viaţă, abordează subiecte dintre cele mai importante – viitorul omenirii și progresul științific cu riscurile sale. Perspectiva sa profund personală e unică și provocatoare, iar numeroasele lui anecdote sunt încântătoare. Nu am putut să las cartea din mână”.

Abraham Loeb, Harvard University

„Cartea lui Martin Rees e ca o busolă necesară care ne ajută să navigăm spre viitor, o fascinantă scrisoare de dragoste pentru cunoaştere și raţionalitate, dar și o chemare la arme pentru aceia dintre noi care îndrăznesc să spere la tot binele din lume”.

David Puttnam, producător de film și profesor Martin Rees, *On the Future. Prospects for Humanity*

Copyright © 22018 by Princeton University Press AU rights reserved

© 22019 by Editura POLIROM, pentru ediţia în limba română

Această carte este protejată prin Copyright. Reproducerea integrală sau parţială, multiplicarea prin orice mijloace și sub orice formă, cum ar fi xeroxarea, scanarea, transpunerea în format electronic sau audio, punerea la dispoziţia publică, inclusiv prin internet sau prin reţele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informaţiilor, cu scop comercial sau gratuit, precum și alte fapte similare săvârșite fără permisiunea scrisă a deţinătorului copyrightului reprezintă o încălcare a legislaţiei cu privire la protecţia proprietăţii intelectuale și se pedepsesc penal și/sau civil în conformitate cu legile în vigoare.

Pe copertă: e sdecoret/Depositphotos.com

www.polirom.ro

Editura POLIROM

Iași, B-dul Carol I nr. 4; P.O. BOX 266, 700506

București, Splaiul Unirii nr. 6, al. B3A, sc. 1, el. 1, sector 4, 040031, O.P. 53

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României:

REES, MARTIN

Despre viitor: perspectivele umanităţii/ Martin Rees; trad. de Ștefan Bolea.

— Iași: Polirom, 2019

Conţine bibliografie.

— Index

ISBN 978 – 973 – 46 – 7951 – 5

I. Bolea, Ștefan (trad.)

5

Printed in ROMÂNIA

MARTIN REES

DESPRE VIITOR

Perspectivele umanităţii

Traducere de Ștefan Bolea
POLIROM
2019

Prefaţă

ACEASTA ESTE O CARTE DESPRE VIITOR. Scriu dintr-o perspectivă personală și din trei ipostaze: de om de ştiinţă, de cetăţean și de membru îngrijorat al speciei umane. Tema unificatoare a cărţii este aceea că prosperitatea populaţiei mondiale în creștere depinde de înţelepciunea cu care sunt folosite ştiinţa și tehnologia.

Tinerii de azi pot spera să trăiască până la sfârșitul veacului. Așadar, cum se pot asigura că tehnologiile tot mai puternice – biologică, cibernetică și IA – pot deschide calea unui viitor benefic, fără obstacole ameninţătoare, care s-ar putea dovedi catastrofale? Miza este mai mare ca oricând; ceea ce se va întâmpla în acest secol va avea ecou mii de ani. În tratarea unei teme atât de vaste, sunt conștient că până și experţii au un palmares prost când vine vorba de previziuni. Dar n-am reţineri, pentru că e imperios necesar să intensificăm discursul public și politic despre tendinţele ştiinţifice și globale pe termen lung.

Temele acestei cărţi au evoluat şi s-au limpezit în urma unor prelegeri pentru audienţe felurite, inclusiv Prelegerile Reith de la BBC din 2010, publicate cu titlul *From Here to Infinity* (Martin Rees, *From Fiere to Infinity*: *Scientific Horizons*, Profile Books, Londra, 2011; W.W. Norton, New York, 2012). Le sunt aşadar recunoscător ascultătorilor şi cititorilor pentru reacţii. Vreau să mulţumesc, de asemenea, cu deosebită recunoştinţă pentru informaţia oferită (cu bună ştiinţă sau nu) de prieteni şi colegi cu competenţe specializate, dar care nu sunt citaţi în acest text. Printre ei se găsesc (în ordine alfabetică) Partha Dasgupta, stufeldman, Ian Golden, Demis Hassabis, Hugh Hunt, Charlie Kennel, David King, Se în o heigeartaigh, Catharine Rhodes, Richard Roberts, Eric Schmidt şi Julius Weitzdorfer.

Îi sunt în mod special recunoscător lui Ingrid

Gnerlich de la Princeton University Press pentru că m-a îndemnat să scriu această carte şi pentru că m-a sfătuit în timp ce-o scriam. De asemenea, le sunt recunoscător lui Dawn Hall pentru corectură, lui Julie Shawvan pentru index şi lui Chris Ferrante pentru tehnoredactare, precum şi lui Jill Harris, Sarei Henning-Stout, Alison Kalett, Debrei Liese, Donnei Liese, Arthur Werneck şi Kimberley Williams de la editură pentru eficienţa cu care au dus până la capăt procesul de publicare.

Introducere

Un medalion cosmic

Să presupunem că ar exista extratereştri. În cazul în care unii dintre ei ne-ar fi urmărit planeta pe parcursul întregii ei existenţe de 45 de milioane de secole, ce-ar fi văzut? în cea mai mare parte a acestui interval gigantic, înfăţişarea Pământului s-a schimbat puţin câte puţin. Continentele s-au deplasat, calota glaciară a crescut şi a scăzut, iar specii succesive au apărut, au evoluat şi au dispărut.

Dar într-o fărâmă din istoria Pământului – ultimele o sută de secole – tiparele vegetaţiei s-au schimbat mult mai rapid ca înainte. Acest lucru a semnalat începutul agriculturii – şi apoi al urbanizării. Schimbările s-au accelerat odată cu creşterea demografică.

Apoi au urmat schimbări şi mai rapide. În doar cincizeci de ani, cantitatea de dioxid de carbon din atmosferă a început să crească anormal de repede. Şi s-a mai întâmplat un lucru fără precedent: rachete lansate de pe suprafaţa planetei au părăsit complet biosfera. Unele au fost propulsate pe orbită în jurul Pământului, altele au călătorit spre Lună şi spre alte planete.

Ipoteticii extratereştri ar şti că Pământul se va încălzi treptat, fiind condamnat la extincţie în aproximativ şase miliarde de ani, când Soarele va exploda şi va pieri. Dar ar fi putut ei prezice această febră „subită” de la mijlocul existenţei sale – aceste schimbări provocate de om – care pare să se instaleze cu o viteză fulgerătoare?

Dacă ar continua să vegheze, ce-ar observa în secolul următor? Tăcere după un spasm final? Stabilizarea ecologiei planetare? Ori o armadă de rachete lansate de pe Terra care vor crea noi oaze de viaţă altundeva?

Această carte oferă câteva speranţe, temeri şi ipoteze despre ceea ce va urma. Supravieţuirea în secolul acesta şi menţinerea viitorului pe termen lung al lumii noastre tot mai vulnerabile depind atât de accelerarea anumitor tehnologii, cât şi de restricţionarea responsabilă a altora. Provocările pentru decidenţi sunt imense şi descurajatoare. Perspectiva mea este una personală – în calitate de om de ştiinţă (astronom), dar şi de membru îngrijorat al rasei umane.

*

Pentru europenii din Evul Mediu, întreaga cosmologie – de la creaţie la apocalipsă – se întindea pe doar câteva mii de ani. Acum ne imaginăm durate de un milion de ori mai mari. Dar, chiar şi în această perspectivă vastă, secolul actual este deosebit. Este primul în care o specie, a noastră, a devenit atât de puternică şi de dominantă, încât are viitorul planetei în mâinile sale. Am intrat într-o epocă pe care unii geologi o numesc antropocen.

Oamenii din Antichitate erau derutaţi şi neajutoraţi din pricina inundaţiilor şi molimelor – şi predispuşi la frici iraţionale. Mari părţi ale planetei erau *terra incognita*. Cosmosul anticilor era redus la Soare şi la planetele înconjurate de stelele fixe răspândite pe „bolta cerească”. Astăzi, ştim că Soarele nostru e doar una din cele o sută de miliarde de stele din galaxia noastră, la rândul ei una din cel puţin o sută de miliarde de alte galaxii.

Dar, în pofida acestor orizonturi conceptuale vaste – şi în pofida înţelegerii noastre sporite şi a controlului nostru asupra lumii naturale –, perioada în privinţa căreia putem face planuri practice sau asupra căreia putem face previziuni de încredere a devenit mai scurtă. Evul Mediu european a fost o perioadă tumultuoasă şi nesigură. Dar

această epocă s-a desfăşurat pe un „fundal” care s-a schimbat foarte puţin de la o generaţie la alta; cu dăruire, zidarii medievali adăugau cărămizi catedralelor care se construiau într-un secol. Pentru noi, în schimb, următorul secol va fi cu totul diferit faţă de cel prezent. A existat un decalaj exploziv între perioadele tot mai scurte de schimbări tehnice şi sociale şi miliardele de ani ale biologiei, geologiei şi cosmologiei.

Oamenii sunt acum atât de numeroşi şi au o „amprentă” colectivă atât de pronunţată, încât au capacitatea de a transforma sau chiar de a distruge întreaga biosferă. Populaţia în creştere şi tot mai exigentă exercită o presiune semnificativă asupra mediului natural; acţiunile oamenilor ar putea declanşa schimbări climatice periculoase şi extincţii în masă dacă se depăşesc anumite „puncte critice” – consecinţe care ar lăsa moştenire generaţiilor viitoare o lume secătuită şi sărăcită. Dar pentru a reduce aceste riscuri nu trebuie să înfrânăm tehnologia; dimpotrivă, trebuie să înţelegem mai bine natura şi să folosim imperativ tehnologia corespunzătoare. Acestea sunt temele capitolului 1.

Cei mai mulţi oameni din lume au un trai mai bun decât au avut părinţii lor – şi proporţia celor care trăiesc în sărăcie e în scădere. Aceste îmbunătăţiri, pe fundalul creşterii rapide a populaţiei, n-ar fi putut să aibă loc fără progresele din ştiinţă şi tehnologie – care au fost forţe pozitive în lume. Susţin în capitolul 2 că vieţile noastre, sănătatea şi mediul nostru ar putea avea de câştigat în continuare de pe urma progresului sporit din biotehnologie, cibernetică, robotică şi inteligenţă artificială (IA). Din această perspectivă, sunt optimist în legătură cu tehnologia. Dar există un inconvenient potenţial. Aceste progrese ne expun lumea din ce în ce mai interconectată la vulnerabilităţi noi. Într-un deceniu sau două, tehnologia va perturba tiparele muncii, economiile naţionale şi relaţiile internaţionale, într-o epocă în care toţi devenim interconectaţi, în care cei dezavantajaţi sunt conştienţi de

situaţia lor dificilă şi în care se migrează uşor, nu prea poţi să rămâi optimism în legătură cu pacea mondială dacă se menţine falia, atât de profundă cum este în situaţia geopolitică actuală, dintre nivelurile de bunăstare şi între şansele la viaţă din diferite regiuni. E neliniştitoare în special perspectiva ca progresele din genetică şi medicină, care pot îmbunătăţi calitatea vieţii umane, să fie disponibile doar pentru cei privilegiaţi, prevestind forme de inegalitate şi mai importante.

Există unii care promovează o viziune optimistă asupra viitorului, entuziasmaţi de dezvoltarea sensibilităţilor noastre morale şi de progresul material. Eu unul nu împărtăşesc această perspectivă, într-adevăr, datorită tehnologiei, a existat o îmbunătăţire bine-venită a traiului şi şanselor la viaţă ale majorităţii oamenilor – în educaţie, sănătate şi longevitate. Cu toate acestea, decalajul dintre felul cum este lumea şi felul cum ar putea fi ea e mai mare decât oricând. Poate că viaţa oamenilor medievali era vrednică de milă, dar nu se putea face mare lucru pentru a o îmbunătăţi. În schimb, situaţia înfiorătoare a celor un miliard de săraci din lumea actuală ar putea fi transformată prin redistribuirea averii celor mai bogaţi o mie de oameni de pe planetă. Faptul că nu dăm curs acestui imperativ umanitar, pe care naţiunile sunt capabile să-l remedieze, pune sub semnul întrebării orice pretenţie de progres moral instituţional.

Posibilităţile biotehnologiei şi lumii ciberneticii sunt entuziasmante – dar şi înfricoşătoare. Inovaţiile rapide ne-au oferit deja o putere atât de mare, la nivel individual şi colectiv, încât suntem capabili – voit sau nu – să generăm schimbări globale cu efecte seculare. Smartphone-ul, internetul şi accesoriile lor sunt deja esenţiale în vieţile noastre conectate. Dar aceste tehnologii ar fi părut magice până şi acum douăzeci de ani. Aşadar, privind spre deceniile următoare, trebuie să ne păstrăm minţile deschise, sau cel puţin întredeschise, la progresele transformatoare care ar putea să pară azi SF.

Nu putem preconiza cu certitudine stilurile de viaţă, atitudinile, structurile sociale sau dimensiunea populaţiei din deceniile următoare – şi cu atât mai puţin contextul geopolitic în care se vor manifesta aceste tendinţe. Mai mult, trebuie să ţinem seama de un tip de schimbare fără precedent care ar putea apărea în câteva decenii. Înseşi fiinţele umane – mentalul şi fizicul lor – ar putea deveni maleabile prin folosirea modificării genetice şi a tehnologiilor cyborgilor. Acest lucru e revoluţionar. Când admirăm literatura şi artefactele care au supravieţuit din Antichitate, simţim o afinitate, dincolo de mileniile care ne separă, cu artiştii antici şi civilizaţiile lor. În schimb, nu avem motive să credem că inteligenţele dominante de peste câteva secole vor rezona emoţional cu noi în vreun fel – chiar dacă e posibil să aibă o înţelegere algoritmică a comportamentului nostru.

Secolul XXI e deosebit şi din alt motiv: este primul în care oamenii ar putea să construiască habitate pe alte planete. Primii „colonişti” ai unei lumi extraterestre vor trebui să se adapteze la un mediu ostil – şi se vor afla în afara sferei de acţiune a regulatoarelor terestre. Aceşti aventurieri ar putea iniţia tranziţia de la inteligenţa organică la cea electronică. Această nouă încarnare a „vieţii”, care nu va necesita o atmosferă sau o suprafaţă planetară, ar putea să se răspândească mult dincolo de sistemul nostru solar. Călătoria interstelară nu este intimidantă pentru entităţile electronice cvasinemuritoare. Dacă viaţa este specifică doar planetei noastre, această diasporă va reprezenta un eveniment de proporţii cosmice. Dar, dacă inteligenţa e răspândită deja în cosmos, descendenţii noştri vor fuziona cu ea. Acest lucru se va realiza în perioade astronomice – nu „doar” în veacuri. Capitolul 3 prezintă o perspectivă asupra acestor scenarii pe termen lung, în care se pune problema dacă roboţii vor înlocui inteligenţa „organică” şi dacă o asemenea inteligenţă există deja altundeva în cosmos.

Ce se va întâmpla cu urmaşii noştri, aici pe Pământ şi

poate mult mai departe de el, va depinde de unele tehnologii pe care abia dacă ni le putem închipui azi. În secolele viitoare (doar o clipă din perspectivă cosmică), inteligenţa noastră creatoare ar putea declanşa tranziţiile de la o specie terestră la una care călătoreşte prin spaţiu şi de la inteligenţa biologică la cea electronică – tranziţii care ar putea inaugura miliarde de ani de evoluţie postumană. Pe de altă parte, aşa cum voi discuta în capitolele 1 şi 2, oamenii ar putea produce catastrofe biologice, cibernetice sau climatice, care să anuleze aceste posibilităţi.

Capitolul 4 oferă câteva incursiuni (poate mai extravagante) în teme ştiinţifice – fundamentale şi filosofice – care ridică semne de întrebare asupra întinderii realităţii fizice şi a existenţei limitelor intrinseci pentru cât vom reuşi să înţelegem vreodată din complexităţile lumii reale. Trebuie să evaluăm ceea ce este credibil şi ceea ce poate fi considerat de domeniul ştiinţifico-fantasticului, pentru a preconiza impactul ştiinţei asupra perspectivelor omenirii pe termen lung.

În capitolul final voi aborda chestiuni mai apropiate de prezent. Aplicată optim, ştiinţa ar putea oferi un viitor strălucit celor nouă sau zece miliarde de oameni care vor locui pe Terra în 2050. Dar cum putem să maximizăm şansa de a înfăptui acest viitor benefic şi să evităm în acelaşi timp problemele distopice? Civilizaţia noastră este modelată de inovaţiile care izvorăsc din progresele ştiinţifice şi de înţelegerea tot mai aprofundată a naturii datorată acestora. Oamenii de ştiinţă vor trebui să comunice cu publicul larg şi să-şi folosească expertiza în folosul lui, mai ales atunci când miza va fi extrem de mare. În cele din urmă, voi aborda provocările globale actuale – subliniind ideea că acestea ar putea necesita noi instituţii internaţionale, informate şi sprijinite de o ştiinţă bine gestionată, dar care să fie, de asemenea, receptive la opinia publică în chestiuni legate de politică şi etică.

Planeta noastră, acest „palid punct albastru” din cosmos, e un loc special. Poate că e şi un loc unic. Iar noi îi

purtăm de grijă într-o epocă hotărâtoare. Acesta este un mesaj important pentru noi toţi – şi este şi tema cărţii de faţă.

1. În adâncul antropocenului

1.1. Pericole şi perspective

Acum câţiva ani, m-am întâlnit cu un renumit magnat din India. Ştiind că deţin titlul britanic de „astronom regal”, m-a întrebat: „Dumneavoastră faceţi horoscoapele reginei?”. Am răspuns cu o mină serioasă: „Dacă şi-ar dori unul, la mine ar apela”. Părea dornic să-mi asculte previziunile. I-am spus că acţiunile vor fluctua, că vor apărea noi tensiuni în Orientul Mijlociu şi aşa mai departe, îmi asculta fascinat aceste „proroci ri”. Dar apoi am mărturisit. I-am spus că sunt doar astronom – nu astrolog. Şi-a pierdut brusc orice interes pentru predicţiile mele. Şi pe bună dreptate: oamenii de ştiinţă sunt prezicători lamentabili – aproape la fel de slabi ca economiştii. De exemplu, în anii 1950, un alt astronom regal susţinea că zborul cosmic era „o aberaţie crasă”.

Nici politicienii, şi nici avocaţii nu sunt mai pricepuţi. Un futurolog oarecum surprinzător a fost F.E. Smith, conte de Birkenhead, apropiat al lui Churchill şi Lordul Cancelar al Regatului Unit în anii 1920. În 1930 a scris o carte intitulată *The World în 2030* (Lumea în 2030) \ îi citise pe futurologii epocii sale; îşi imagina copii incubaţi în retorte, maşini zburătoare şi alte asemenea fantezii. Cu toate acestea, anticipa stagnarea socială. Iată un fragment: „În 2030, femeile, cu agerimea şi farmecul lor, îi vor îmboldi în continuare pe cei mai capabili bărbaţi spre culmi pe care ele nu le-ar putea atinge niciodată”.

Am spus destul!

*

În 2003 am scris o carte intitulată *Our Final Century*? (Secolul nostru final?) Editorul meu din Marea Britanie a şters semnul de întrebare. Editorii americani au schimbat titlul în *Our Final Hour* (Ultimul nostru ceas) 2. Tema mea era următoarea: Pământul nostru are o vârstă de 45

de milioane de secole. Dar secolul acesta este primul în care o specie – a noastră – poate decide soarta biosferei.

Nu credeam că ne vom autodistruge. Dar credeam că vom evita catastrofe de proporţii doar cu foarte mult noroc. Şi aceasta din pricina presiunii incredibile pe care o exercităm asupra ecosistemelor; suntem tot mai mulţi (populaţia lumii a crescut) şi avem nevoie de tot mai multe resurse. Lucru şi mai înspăimântător, tehnologia ne conferă din ce în ce mai multă putere şi ne expune astfel la vulnerabilităţi inedite.

Am fost influenţat, printre alţii, de un mare înţelept de la începutul secolului XX. în 1902, tânărul H.G. Wells a susţinut o celebră conferinţă la Royal Institution din Londra3. El afirma că omenirea a parcurs un drum lung şi distanţa pe care am străbătut-o ne spune câte ceva despre drumul pe care-l avem în faţă… Putem crede că tot trecutul este doar începutul unui început şi că tot ce este şi a fost reprezintă doar amurgul zorilor. Putem crede că tot ce a realizat mintea omului este doar visul de dinaintea trezirii; dintre urmaşii noştri, vor răsări spirite care ne vor privi în micimea noastră şi ne vor cunoaşte mai bine decât ne cunoaştem noi înşine. Va veni o zi, doar una în succesiunea nesfârşită a zilelor, când fiinţele, fiinţe care sunt acum latente în mintea noastră şi ascunse în adâncul trupurilor noastre, vor sta pe acest pământ aşa cum stă cineva pe un piedestal, vor râde şi-şi vor întinde mâinile până la stele.

Discursul său, destul de bombastic, are încă ecouri după mai bine de un veac – gânditorul şi-a dat seama că noi, oamenii, nu reprezentăm apogeul vieţii.

Dar Wells nu era un optimist. Sublinia şi riscul unui dezastru global:

E imposibil să arătăm de ce anumite lucruri nu ar putea să nimicească şi să pună capăt istoriei omenirii… şi să zădărnicească toate eforturile noastre… ceva din spaţiu, o molimă ori vreo epidemie din atmosferă, vreo otravă lăsată în urmă de comete, o imensă emanaţie de vapori din

interiorul Pământului, noi animale care ne vor vâna, vreun drog ori vreo nebunie distrugătoare din mintea omului.

Îl citez pe Wells pentru că reflectă amestecul de optimism şi anxietate – şi de speculaţie şi ştiinţă – pe care voi încerca să-l transmit prin această carte. Dacă el ar scrie azi, ar fi entuziasmat de viziunea noastră mai cuprinzătoare asupra vieţii şi a cosmosului, dar ar fi şi mai înspăimântat de pericolele care ne pasc. Mizele se tot măresc, într-adevăr; ştiinţa nouă ne oferă oportunităţi uriaşe, dar consecinţele ei ne-ar putea periclita supravieţuirea. Mulţi sunt îngrijoraţi că evoluează atât de rapid, încât nici politicienii, nici publicul larg nu reuşesc să o asimileze sau să-i facă faţă.

*

Vă gândiţi poate că, fiind astronom, anxietatea legată de ciocnirile cu asteroizi mă ţine treaz noaptea. Nu e cazul. De fapt, aceasta este una dintre puţinele ameninţări pe care le putem cuantifica – şi în privinţa cărora putem fi încrezători că sunt improbabile. Cam odată la zece milioane de ani, un corp celest cu diametrul de câţiva kilometri loveşte Pământul, producând o catastrofă globală – astfel încât riscul ca un asemenea impact să aibă loc în cursul unei vieţi omeneşti e infim. Există însă numeroşi asteroizi mai mici care ar putea provoca pagube regionale sau locale. Incidentul din 1908 de la Tunguska, care a făcut una cu pământul sute de kilometri pătraţi (din fericire, nepopulaţi) de pădure siberiană, a eliberat o energie echivalentă cu câteva sute de bombe precum cea de la Hiroshima.

Putem fi preveniţi în legătură cu aceste coliziuni? Răspunsul e afirmativ. Se are deja în vedere crearea unei baze de date referitoare la cei un milion de asteroizi cu diametrul mai mare de 50 de metri care ar putea lovi Pământul şi urmărirea orbitelor lor pentru a-i identifica pe cei care se apropie periculos de mult. Avertizate în privinţa unui impact, cele mai vulnerabile zone ar putea fi evacuate. O veste şi mai bună e că am putea construi nave

spaţiale care să ne apere. Un „ghiont” dat în spaţiu cu câţiva ani înainte de impactul care ne ameninţă ar trebui să schimbe viteza asteroidului cu doar câţiva centimetri pe secundă pentru a-l abate de la cursul de coliziune cu Pământul.

Dacă am calcula o primă de asigurare aşa cum se face în mod obişnuit, înmulţind probabilitatea cu consecinţele, s-ar părea că merită să cheltuim câteva sute de milioane de dolari pe an pentru a reduce riscul prezentat de asteroizi.

Alte ameninţări naturale – cutremurele şi vulcanii – sunt mai puţin previzibile. În clipa de faţă nu există nicio modalitate sigură de a le preveni (sau măcar de a le prevedea). Dar aceste evenimente au şi o parte bună, la fel ca asteroizii: frecvenţa lor nu este în creştere. Astăzi e aproximativ aceeaşi ca pe vremea neanderthalienilor – sau ca în epoca dinozaurilor. Dar consecinţele unor asemenea evenimente depind de vulnerabilitatea şi valoarea infrastructurii expuse riscului, care sunt considerabil mai mari în lumea urbanizată actuală. Mai mult, există fenomene cosmice de care neanderthalienii (de fapt, toţi oamenii care au trăit înainte de secolul al XIX-lea) nici nu erau conştienţi: puternicele explozii solare. Acestea declanşează furtuni magnetice care ar putea perturba reţelele electrice şi comunicaţiile electronice la nivel mondial.

În ciuda acestor ameninţări naturale, pericolele care ar trebui să ne îngrijoreze cel mai mult sunt cele generate de noi înşine. Ele se conturează acum mult mai clar, devenind mai probabile şi potenţial mai dezastruoase cu fiecare deceniu care trece.

Deja am scăpat o dată ca prin urechile acului.

1.2. Ameninţările nucleare în epoca Războiului Rece – când nivelurile înarmării au depăşit orice limită raţională –, superputerile ar fi putut declanşa Armaghedonul din cauza confuziei şi a calculelor eronate. Era epoca „adăposturilor antiatomice”. În timpul crizei rachetelor din

Cuba, participam ca student împreună cu colegii mei la manifestaţii paşnice şi la demonstraţii – şi ne descreţeau frunţile doar „cântecele de protest”, precum versurile lui Tom Lehrer: „We’ll all go together when we go, / all suffused with an incandescent glow” („Când va fi să pierim, vom pieri împreună, / scăldaţi cu toţii într-o strălucire incandescentă”). Dar am fi fost şi mai speriaţi dacă am fi ştiut cu adevărat cât de aproape eram de catastrofa. S-a afirmat mai târziu că preşedintele Kennedy ar fi spus că riscul era „undeva între 30% şi 50%”. Abia după ce ieşise de mult la pensie, Robert McNamara a mărturisit sincer că „am ajuns la un fir de păr de războiul nuclear fără să ne dăm seama. Nu este meritul nostru că am scăpat – Hruşciov şi Kennedy au fost deopotrivă norocoşi şi înţelepţi”.

Cunoaştem acum mai multe detalii ale unuia dintre cele mai tensionate momente. Vasili Arhipov, un ofiţer foarte respectat şi decorat din marina rusă, era secund pe un submarin ce transporta rachete nucleare. Când Statele Unite au atacat submarinul cu bombe de adâncime, căpitanul a presupus că izbucnise războiul şi a ordonat echipajului să lanseze rachetele. Conform protocolului, primii trei ofiţeri superiori de la bord trebuiau să aprobe decizia. Arhipov s-a opus unei asemenea măsuri – şi astfel a evitat declanşarea unui atac nuclear care ar fi putut să ia o amploare catastrofală.

Evaluările de după criza din Cuba sugerează că riscul anual de distrugere termonucleară din timpul Războiului Rece era de circa 10.000 de ori mai mare decât riscul mediu de deces în urma impactului cu un asteroid. De altfel, au existat şi situaţii în care lumea a fost doar la un pas de catastrofă. În 1983, Stanislav Petrov, un ofiţer din aviaţia rusă, a văzut pe un ecran o „alertă” potrivit căreia cinci rachete balistice intercontinentale Minuteman fuseseră lansate de SUA către Uniunea Sovietică. Instrucţiunile lui Petrov, pentru o asemenea situaţie, erau să-şi alerteze superiorul (care putea, în câteva minute, să

declanşeze represalii nucleare). A decis, bazându-se numai pe intuiţie, să ignore ceea ce văzuse pe ecran, bănuind că era doar o eroare a sistemului de avertizare timpurie. Aşa a şi fost; sistemul confundase reflectarea razelor solare pe partea superioară a norilor cu lansarea unei rachete nucleare.

Mulţi susţin acum că descurajarea nucleară a dat roade. Într-un fel, au dreptate. Dar asta nu înseamnă că a fost o politică înţeleaptă. Dacă joci ruleta rusească având unu sau două gloanţe în butoiaşul pistolului, ai mai multe şanse să supravieţuieşti decât să mori, dar ar trebui ca miza să fie extraordinar de mare – sau să-ţi preţuieşti prea puţin viaţa – pentru ca acesta să fie un pariu înţelept. Am fost atraşi într-un asemenea pariu de-a lungul întregii epoci a Războiului Rece. Ar fi interesant să ştim la ce nivel de risc credeau ceilalţi lideri că ne expun şi ce sorţi ar fi acceptat cei mai mulţi cetăţeni europeni, dacă li s-ar fi cerut să-şi dea consimţământul în cunoştinţă de cauză. În ce mă priveşte, nu mi-aş fi asumat o şansă din trei – nici măcar una din şase – să se producă o catastrofă care ar fi ucis sute de milioane de oameni şi ar fi distrus structura istorică a tuturor oraşelor europene, chiar dacă alternativa ar fi fost supremaţia sovietică certă în Europa de Vest. Şi, desigur, consecinţele devastatoare ale unui război termonuclear ar fi depăşit cu mult graniţele ţărilor care se confruntau cu o ameninţare directă, mai ales dacă s-ar fi instalat o „iarnă nucleară”.

Anihilarea nucleară continuă să ne ameninţe: singura consolaree că, graţie eforturilor superputerilor de a controla înarmarea, există de circa cinci ori mai puţine arme nucleare decât în timpul Războiului Rece – Rusia şi Statele Unite deţin fiecare în jur de 7.000 – şi mai puţine sunt gata să fie lansate în orice moment. Cu toate acestea, în prezent există nouă puteri nucleare şi o probabilitate mai ridicată decât oricând ca arsenale nucleare mai mici să fie folosite pe plan regional sau chiar de către terorişti. În plus, nu putem exclude, mai târziu în cursul acestui

secol, posibilitatea unei reconfigurări geopolitice care să ducă la un război rece între noi superputeri. O nouă generaţie s-ar putea confrunta cu propria „Cuba” – şi ar putea s-o gestioneze mai prost (sau mai ghinionist) decât a fost gestionată criza din 1962. O ameninţare nucleară la adresa existenţei noastre este doar suspendată temporar.

Capitolul 2 va aborda ştiinţele secolului XXI – biotehnologia, tehnologia cibernetică şi IA – şi ceea ce ar putea prevesti ele. Întrebuinţarea lor greşită prezintă un risc tot mai ridicat. Tehnicile şi expertiza în ceea ce priveşte atacurile biologice sau cibernetice vor fi accesibile pentru milioane de oameni – şi nu au nevoie de echipamente sau instalaţii mari şi specializate, aşa cum au armele nucleare. Tentativele de sabotaj cibernetic ca „Stuxnet” (un „vierme” care a distrus centrifugele folosite în programul iranian de înarmare nucleară) şi spargerea frecventă a reţelelor de calculatoare ale instituţiilor financiare au plasat deja aceste chestiuni în fruntea agendei politice. Un raport al Comisiei Ştiinţifice a Pentagonului susţinea că impactul unui atac cibernetic (sabotarea, de pildă, a reţelei electrice din SUA) ar putea fi îndeajuns de catastrofal pentru a justifica o ripostă nucleară4.

Dar mai întâi să ne concentrăm asupra distrugerii ce poate fi provocată de degradarea mediului înconjurător de către om şi de schimbările climatice. Aceste ameninţări interconectate sunt de lungă durată şi insidioase. Ele sunt generate de „amprenta” colectivă tot mai apăsată a umanităţii. Dacă generaţiile viitoare nu vor avea mai multă grijă (sau dacă populaţia nu va scădea), ecologia finită a planetei noastre va fi solicitată dincolo de limitele sale.

1.3. Ameninţările ecologice şi punctele critice

Acum cincizeci de ani, populaţia lumii era de circa 3, 5 miliarde. Acum este estimată la 7, 6 miliarde. Dar creşterea încetineşte. De fapt, numărul anual al naşterilor, la nivel global, a atins punctul maxim acum câţiva ani, iar în prezent descreşte. Cu toate acestea, se preconizează că

populaţia lumii va ajunge la aproximativ 9 miliarde sau chiar mai mult până în 20505. Aceasta deoarece cei mai mulţi oameni din ţările în curs de dezvoltare sunt încă tineri şi nu au avut copii, dar şi pentru că vor trăi mai mult; histograma vârstei pentru ţările în curs de dezvoltare va începe să semene cu cea a Europei. Cea mai mare creştere actuală se înregistrează în Asia de Est, unde se vor concentra resursele umane şi financiare ale lumii – punând capăt unei hegemonii nord-atlantice de patru secole.

Demografii prevăd o urbanizare continuă, 70% din populaţie urmând să locuiască în oraşe până în 2050. Până în 2030, Lagos, São Paulo şi Delhi vor depăşi 30 de milioane de locuitori. O provocare majoră pentru cei aflaţi la conducere va fi să împiedice megaoraşele să devină nişte distopii turbulente.

Se vorbeşte momentan prea puţin despre creşterea populaţiei. Aceasta s-ar putea datora parţial şi previziunilor sumbre referitoare la foametea în masă – precum, de pildă, cartea *The Population Bomb*, din 1968, a lui Paul Ehrlich sau concluziile Clubului de la Roma –, care s-au dovedit hazardate. De asemenea, unii consideră creşterea populaţiei un subiect tabu – pătat prin asociere cu eugenia din anii 1920 – 1930, cu politicile indiene din vremea Indirei Gandhi şi, mai recent, cu politica dură a copilului unic din China. După cum s-a dovedit, producţia de hrană şi extragerea resurselor au ţinut pasul cu creşterea populaţiei; mai există perioade de foamete, dar acestea nu se datorează unei penurii generale, ci conflictului sau proastei repartizări6.

Nu putem specifica o „populaţie optimă” a globului, pentru că nu ştim cum vor arăta stilurile de viaţă, alimentaţia, modul de a călători şi necesităţile energetice ale oamenilor după 2050. Pământul nu şi-ar putea susţine populaţia actuală dacă toţi ar trăi la fel de extravagant – fiecare consumând la fel de multă energie şi carne de vită – ca americanii înstăriţi din zilele noastre. Pe de altă parte,

20 de miliarde de oameni ar putea trăi sustenabil, cu un nivel de trai rezonabil (chiar dacă ascetic), dacă toţi ar adopta o dietă vegană, ar călători puţin, ar locui în blocuri cu multe apartamente mici şi ar interacţiona prin intermediul superinternetului şi al realităţii virtuale. Acest ultim scenariu este destul de improbabil şi, cu siguranţă, deloc ispititor. Dar distanţa dintre cele două extreme ne arată cât de naiv este să ne bazăm pe o cifră aşezată la loc de cinste, dar lipsită de orice certificări referitoare la „sustenabilitatea" planetei.

O lume cu 9 miliarde de oameni, cifră care ar putea fi atinsă (sau chiar depăşită) până în 2050, nu trebuie neapărat să indice o catastrofă. Agricultura modernă – bazată pe tehnici de conservare a solurilor, pe economisirea apei şi, probabil, pe culturi modificate genetic, cu o inginerie superioară pentru a reduce pierderile, a îmbunătăţi irigaţia ş.a.m.d. – ar putea hrăni o populaţie atât de mare. Sintagma aflată pe buzele tuturor este „intensificare sustenabilă". Dar vor apărea constrângeri energetice – şi, în anumite regiuni, presiuni însemnate asupra rezervelor de apă. Cifrele citate sunt uluitoare. Pentru a cultiva un kilogram de grâu este nevoie de 1.500 de litri de apă şi de câţiva megajouli de energie. Dar un kilogram de carne de vită necesită de zece ori mai multă apă şi de douăzeci de ori mai multă energie. Producţia alimentară utilizează 30% din producţia globală de energie şi 70% din apa prelevată din sursele existente.

Tehnicile agricole care folosesc organisme modificate genetic pot fi benefice. Ca să luăm doar un exemplu, Organizaţia Mondială a Sănătăţii (OMS) estimează că 40% dintre copiii sub vârsta de 5 ani dinţările în curs de dezvoltare suferă de deficienţă de vitamina A; aceasta e cauza principală a orbirii infantile la nivel global, care afectează sute de mii de copii în fiecare an. Aşa-numitul orez auriu, creat în anii 1990 şi îmbunătăţit ulterior, este bogat în betacaroten, precursorul vitaminei A, şi ameliorează deficienţa de vitamina A. în mod regretabil,

organizaţiile de protecţie a mediului, în special Greenpeace, au împiedicat cultivarea orezului auriu. Fireşte, există griji legate de „manipularea naturii”, dar, în acest caz, noile tehnici ar fi putut încuraja „intensificarea sustenabilă”. Mai mult, există speranţe că o modificare mai drastică a genomului orezului (aşa-numita cale C_4) ar putea spori eficienţa fotosintezei, permiţând astfel o creştere mai rapidă şi mai susţinută a celei mai importante culturi de pe glob.

Două potenţiale inovaţii alimentare nu se confruntă cu o barieră tehnică înaltă: transformarea insectelor – extrem de nutritive şi bogate în proteine – într-o hrană gustoasă; de asemenea, producerea cărnii artificiale din proteine vegetale. În ceea ce priveşte a doua inovaţie, o companie californiană numită Impossible Foods (Mâncăruri Imposibile) vinde încă din 2015 burgeri de „vită” făcuţi în principal din grâu, nucă-de-cocos şi cartofi. Va mai trece totuşi o vreme până când aceşti burgeri îi vor satisface pe gurmanzii carnivori pentru care sucul de sfeclă este un înlocuitor slab pentru sânge. Dar biochimiştii se ocupă de această problemă, explorând tehnici mai sofisticate. În principiu, este posibil să „cultivăm” carne luând câteva celule de la un animal şi stimulând apoi creşterea cu nutrienţii potriviţi. O altă metodă, numită „agricultură acelulară”, foloseşte bacterii modificate genetic, drojdie, ciuperci sau alge pentru a produce proteinele şi grăsimile care se găsesc (de pildă) în lapte şi ouă. Dezvoltarea unor înlocuitori acceptabili pentru carne este un imperativ ecologic cu vădite beneficii financiare, deci putem fi încrezători că industria alimentară va progresa rapid.

Putem fi optimişti din perspectivă tehnologică în legătură cu alimentaţia – dar şi în legătură cu sănătatea şi cu educaţia. Însă e dificil să nu fii pesimist din perspectivă politică. îmbunătăţirea condiţiilor de viaţă ale celor mai săraci oameni din lume prin asigurarea nutriţiei adecvate, a educaţiei fundamentale şi a altor lucruri de bază este

deja un scop care poate fi atins cu uşurinţă; impedimentele sunt preponderent politice.

Pentru ca beneficiile inovaţiei să fie răspândite pe tot globul, va trebui să ne schimbăm cu toţii stilul de viaţă. Dar acest lucru nu trebuie neapărat să fie sinonim cu privaţiunea. De fapt, până în 2050, cu toţii vom putea avea o calitate a vieţii cel puţin la fel de bună cu cea de care se bucură astăzi occidentalii risipitori – cu condiţia ca tehnologia să fie dezvoltată în mod corespunzător şi folosită cu înţelepciune. Gandhi a rostit mantra: „Avem destul pentru nevoia (*need*) fiecăruia, dar nu şi pentru lăcomia (*greed*) fiecăruia". Acesta nu trebuie să fie un îndemn la austeritate; mai degrabă e un apel la creştere economică întemeiată pe inovaţii care cruţă resursele naturale şi energia.

Sintagma „dezvoltare durabilă" s-a răspândit în 1987, când Comisia Mondială pentru Mediu şi Dezvoltare, prezidată de Gro Harlem Brundtland, prim-ministrul Norvegiei, a definit-o drept „dezvoltarea care vine în întâmpinarea nevoilor prezentului – în special ale săracilor – fără a compromite capacitatea generaţiilor viitoare de a-şi satisface propriile nevoi" 7 Cu toţii vrem să ne „angajăm" să atingem acest scop, în speranţa că în jurul anului 2050 va exista un decalaj mai mic între stilul de viaţă al societăţilor privilegiate şi cel disponibil pentru restul lumii. Acest lucru nu se poate întâmpla dacă ţările în curs de dezvoltare imită calea spre industrializare pe care au urmat-o Europa şi America de Nord. Aceste ţări trebuie să facă saltul direct către un mod de viaţă mai eficient şi mai puţin risipitor. Scopul nu este să combatem tehnologia. Va fi nevoie de mai multă tehnologie, dar direcţionată cum se cuvine, astfel încât să susţină inovaţia necesară. Naţiunile mai dezvoltate trebuie să facă şi ele această tranziţie.

Tehnologia informaţiei (IT) şi mediile de socializare online sunt răspândite astăzi la nivel global. Fermierii rurali din Africa pot accesa informaţii legate de piaţă prin

care să se protejeze împotriva comercianţilor care vor să-i înşele şi pot transfera electronic fonduri. Dar aceleaşi tehnologii îi fac pe cei din zonele defavorizate ale lumii să fie conştienţi de lucrurile de care sunt privaţi. Această conştientizare va stârni resentimente mai puternice, motivând migraţia în masă sau conflictul, dacă aceste contraste sunt percepute ca fiind excesive şi nedrepte. Pentru naţiunile bogate nu este numai un imperativ moral, ci şi o chestiune de interes propriu să promoveze reducerea inegalităţilor – prin ajutor financiar direct (şi prin sistarea exploatărilor abuzive actuale de materii prime), precum şi prin investiţii în infrastructură şi producţie în ţările în care se găsesc refugiaţi strămutaţi, astfel încât cei săraci să nu fie atât de presaţi să migreze pentru a găsi de lucru.

Cu toate acestea, scopurile pe termen lung par să cedeze locul problemelor imediate în fruntea agendei politice – precum şi următoarelor alegeri. Preşedintele Comisiei Europene, Jean-Claudeluncker, declara: „Ştim cu toţii ce trebuie să facem; nu ştim însă cum să fim realeşi după ce o vom face” 8. Se referea la crizele financiare, dar remarca sa este şi mai potrivită pentru problemele de mediu (şi este de actualitate acum, când Obiectivele de Dezvoltare Durabilă ale ONU sunt implementate cu o lentoare descurajantă).

Există o discrepanţă deprimantă între ceea ce s-ar putea face şi ceea ce se face de fapt. Sporirea ajutoarelor oferite nu este de ajuns. Pentru ca ţările în curs de dezvoltare să se bucure de aceste beneficii, e nevoie de stabilitate, bună guvernanţă şi infrastructură eficientă. Magnatul sudanez Mo Ibrahim, a cărui companie a introdus telefoanele mobile în Africa, a instituit în 2007 un premiu de cinci milioane de dolari pe o perioadă de zece ani (plus 200.000 de dolari pe an după aceea) cu scopul ca liderii exemplari şi incoruptibili din ţările africane să fie recunoscuţi – iar Premiul Ibrahim pentru conducătorii africani de seamă a fost acordat de cinci ori.

Măsurile relevante nu sunt neapărat luate cel mai bine la nivelul statelor-naţiuni. Unele necesită, fireşte, cooperare multinaţională, dar multe reforme eficiente au nevoie de o implementare mai degrabă locală. Există oportunităţi imense ca oraşele avansate să devină deschizătoare de drumuri, conducând inovaţia high-tech ce va fi necesară în megaoraşele din ţările în curs de dezvoltare, unde provocările sunt deosebit de intimidante.

Gândirea pe termen scurt nu caracterizează doar politica electorală. Investitorii privaţi nu au nici ei un orizont destul de larg. Dezvoltatorii imobiliari nu construiesc o nouă clădire de birouri dacă nu-şi recuperează investiţia în să spunem, treizeci de ani. De fapt, majoritatea zgârie-norilor din oraşe au o „durată de viaţă proiectată" de numai cincizeci de ani (o consolare pentru cei care deplâng faptul că ele domină orizontul). Potenţialele beneficii şi inconveniente dincolo de acest termen nu sunt luate în calcul.

Ce putem spune însă despre viitorul mai îndepărtat? Tendinţele populaţiei de după anul 2050 sunt mai greu de prezis. Ele vor depinde de ceea ce vor decide tinerii de azi şi cei încă nenăscuţi cu privire la numărul copiilor pe care îi vor avea şi la intervalul dintre sarcini. Educaţia mai bună a femeilor şi emanciparea acestora – cu siguranţă o prioritate în sine – ar putea reduce rata fertilităţii acolo unde acum este cea mai mare. Dar această tranziţie demografică n-a ajuns încă în unele zone din India şi din Africa Subsahariană.

Numărul mediu de naşteri per femeie în anumite zone din Africa – Niger sau Etiopia rurală, de exemplu – este încă mai mare de şapte. Cu toate că, după toate probabilităţile, fertilitatea va descreşte, este posibil, conform Naţiunilor Unite, ca populaţia Africii să se dubleze din nou, ajungând la patru miliarde între 2050 şi 2100, ceea ce ar ridica populaţia globului la unsprezece miliarde, în acest caz, Nigeria ar avea o populaţie egală cu a Europei şi Americii de Nord laolaltă, iar aproape jumătate

dintre copiii lumii s-ar afla în Africa.

Optimiştii ne reamintesc că fiecare gură în plus înseamnă şi două mâini şi un creier. Cu toate acestea, cu cât populaţia va creşte, cu atât presiunea exercitată asupra resurselor va fi mai mare, mai ales dacă ţările în curs de dezvoltare îşi vor reduce decalajul faţă de ţările dezvoltate în privinţa consumului per capita. Şi cu atât mai greu va fi pentru Africa să scape din „capcana sărăciei”. De fapt, unii au remarcat că preferinţele culturale africane ar putea duce la o persistenţă a familiilor mari ca alegere, chiar dacă mortalitatea infantilă ar scădea. În acest caz, libertatea de a-ţi alege dimensiunea familiei, inclusă de ONU în rândul drepturilor fundamentale, ar putea fi pusă sub semnul întrebării atunci când vor fi puse în balanţă efectele negative produse de sporirea populaţiei lumii.

Trebuie să sperăm că populaţia lumii va tinde să descrească după 2050. Chiar dacă pot fi hrănite nouă miliarde de persoane (printr-o bună guvernanţă şi o gestionare eficientă a agriculturii) şi chiar dacă bunurile de consum vor fi produse mai ieftin (de pildă, prin imprimare 3D), iar „energia curată” va deveni îndestulătoare, alegerile în materie de alimentaţie vor fi limitate, iar calitatea vieţii va avea de suferit din pricina suprapopulării şi a reducerii spaţiului verde.

1.4. Menţinerea în limitele planetei

Am pătruns de ceva timp în antropocen. Acest termen a fost popularizat de Paul Crutzen, unul dintre oamenii de ştiinţă care au descoperit că ozonul din straturile superioare ale atmosferei este consumat de clorofluorocarburi (CFC) – chimicale folosite pe atunci în tuburile cu aerosoli şi frigidere. Protocolul de la Montreal din 1987 a dus la interzicerea acestor chimicale. Acest acord a părut un precedent încurajator, dar el a dat roade doar pentru că existau înlocuitori pentru CFC care puteau fi folosiţi fără costuri exorbitante. Din păcate, celelalte schimbări globale antropice (mai importante) generate de creşterea populaţiei, schimbări ce necesită mai multă

hrană, energie şi alte resurse, nu sunt atât de uşor de gestionat. Toate aceste chestiuni sunt discutate pe scară largă. Ce ne deprimă este inacţiunea – pentru politicieni, problemele imediate au întâietate faţă de cele pe termen lung; chestiunile locale au întâietate faţă de cele globale. Trebuie să ne întrebăm dacă naţiunile n-ar trebui să acorde o suveranitate sporită organizaţiilor noi, după modelul instituţiilor aflate sub patronajul ONU.

Presiunile populaţiilor în creştere şi schimbările climatice vor duce la pierderea biodiversităţii – efect care ar fi agravat dacă terenul în plus necesar producţiei de hrană sau de biocombustibili ar reduce suprafaţa pădurilor naturale. Schimbările climatice şi modificarea destinaţiei terenurilor pot duce împreună la apariţia unor „puncte critice" care se amplifică reciproc şi produc instabilitate şi schimbări potenţial ireversibile. Dacă impactul colectiv al umanităţii asupra naturii forţează prea mult ceea ce ecologistul din Stockholm, Johan Rockstrom, numeşte „limitele planetei" 9, „şocul ecologic" rezultat ne-ar putea secătui ireversibil biosfera.

De ce contează acest lucru atât de mult? Avem de suferit dacă populaţiile de peşti se micşorează până la extincţie. Există plante în pădurea tropicală care ne-ar putea fi de folos în scopuri medicinale. Dar există şi o valoare spirituală, dincolo de beneficiile practice ale unei biosfere diverse. Ca să-l citǎm pe eminentul ecologist E.O. Wilson:

În centrul concepţiei ecologice despre lume se află convingerea că sănătatea fizică şi spirituală a omenirii depinde de planeta Pământ... Ecosistemele naturale – pădurile, recifele de corali, apele curate ale mărilor – menţin lumea în starea pe care ne-o dorim. Corpul nostru şi mintea noastră au evoluat pentru a trăi în acest mediu planetar unic, şi nu în altul 10.

Ratele extincţiei sunt în creştere – distrugem cartea vieţii înainte să o fi citit. De exemplu, populaţiile de mamifere „carismatice" au scăzut, în unele cazuri până la

niveluri care ameninţă specia ca atare. Multe dintre cele 6.000 de specii de broaşte, broaşte râioase şi salamandre sunt deosebit de expuse riscului. Şi, ca să-l citez din nou pe E.O. Wilson, „dacă faptele oamenilor vor duce la extincţii în masă, acesta e păcatul pe care generaţiile viitoare ni-l vor ierta cel mai puţin”.

Întâmplător, aici, marile credinţe religioase pot fi aliatele noastre. Personal, fac parte din conciliul Academiei Pontificale de Ştiinţe (un corp ecumenic; cei 70 de membri ai săi reprezintă toate cultele sau niciunul). În 2014 economistul Partha Dasgupta de la Cambridge împreună cu Ram Ramanathan, cercetător în domeniul climei la Institutul Scripps din California, au organizat la Vatican o conferinţă la nivel înalt pe tema sustenabilităţii şi a climei11. Aceasta a constituit un imbold ştiinţific oportun pentru enciclica papală din 2015 „Lăudato Şi”. Biserica Catolică transcende diferendele politice; influenţa ei globală, trăinicia, viziunea ei pe termen lung sau atenţia acordată săracilor lumii nu pot fi contestate. Papa a fost aplaudat în picioare la sediul ONU. Mesajul său a avut ecou în special în America Latină, Africa şi Asia de Est.

Enciclica a oferit, de asemenea, o susţinere papală evidentă a viziunii franciscane conform căreia oamenii au datoria de a se îngriji de tot ceea ce catolicii cred că este „creaţia lui Dumnezeu” – că lumea naturală are valoare în sine, independent de beneficiile pe care le aduce oamenilor. Această atitudine rezonează cu sentimentele minunat exprimate cu mai bine de un secol în urmă de Alfred Russel Wallace, căruia i se datorează în parte elaborarea teoriei evoluţiei prin selecţie naturală:

Mă gândeam la epocile îndelungate din trecut în cursul cărora generaţii succesive de asemenea făpturi splendide şi-au dus traiul… fără niciun ochi inteligent care să le admire farmecul, ceea ce ar putea părea o risipă de frumuseţe fără noimă… Această consideraţie ne arată cu certitudine că toate făpturile vii n-au fost create pentru om… Fericirea şi desfătările lor, iubirile şi urile lor, luptele

lor pentru existenţă, viaţa lor intensă şi moartea timpurie, toate acestea ar părea să fie nemijlocit legate doar de propria lor bună stare şi perpetuare12.

Enciclica papală a netezit calea către acordul de la conferinţa privind schimbările climatice de la Paris din decembrie 2015. Ea proclama cu elocvenţă că responsabilitatea noastră – pentru copiii noştri, pentru oamenii cei mai săraci şi pentru ocrotirea diversităţii vieţii – este să nu lăsăm în urmă o lume secătuită şi primejdioasă.

Fireşte, cu toţii împărtăşim aceste sentimente. Dar instituţiile noastre seculare – economice şi politice – nu elaborează planuri pe termen suficient de lung. În capitolele finale voi reveni asupra provocărilor intimidante pe care le ridică aceste ameninţări pentru ştiinţă şi pentru guvernanţă.

Reglementările pot fi de ajutor. Dar reglementările nu-şi vor lua avânt dacă mentalitatea publică nu se va schimba. Atitudinile Occidentului vizavi, spre exemplu, de fumat şi de condusul sub influenţa alcoolului s-au schimbat de ultimele decenii. Avem nevoie de o schimbare similară în atitudine astfel încât consumul excesiv şi risipa de materii prime şi energie – SUV-urile 4 x4 (numite în derâdere „tractoare de Chelsea” în Londra, unde produc ambuteiaje în cartierele luxoase), radiatoarele de exterior, casele iluminate intens, ambalajele sofisticate de plastic, supunerea slugarnică faţă de modele schimbătoare şi altele asemenea – să fie considerate lucruri „de prost gust”, şi nu stilate. De fapt, tranziţia spre un consum moderat ar putea avea loc fără presiuni externe. Pentru generaţia mea, spaţiul de locuit (q cameră studenţească, iar mai târziu un apartament mai încăpător) era „personalizat” cu cărţi, CD-uri şi fotografii. Acum, când cărţile şi muzica pot fi accesate online, poate că vom deveni mai puţin sentimentali în legătura cu „casa”. Vom deveni nomazi – mai ales pentru că tot mai multe afaceri şi socializarea se pot realiza online. Consumerismul ar putea

fi înlocuit de o „economie colaboraţi vă. Dacă acest scenariu va deveni realitate, va fi esenţial ca naţiunile în curs de dezvoltare să adopte cât mai direct acest stil de viaţă, sărind peste etapa consumului ridicat şi a risipei energetice prin care au trecut Europa şi Statele Unite.

Campaniile eficiente trebuie să fie asociate cu un logo memorabil. Serialul TV *Blue Planet* II produs de BBC în 2017 arăta un albatros întors după peregrinări de mii de kilometri în căutarea hranei prin oceanele sudice şi care regurgita pentru puii săi nu peştele hrănitor mult râvnit, ci bucăţi de plastic. O asemenea imagine promovează şi motivează cauza reciclării plasticului, care altfel se acumulează în oceane (afectând lanţul trofic al fiinţelor ce trăiesc acolo). De asemenea, imaginea deja emblematică (deşi oarecum înşelătoare) a ursului-polar care pluteşte pe un sloi de gheaţă ce se topeşte simbolizează criza schimbării climatice – următorul meu subiect.

1.5. Schimbarea climatică

Planeta va deveni tot mai aglomerată. Şi încă o predicţie: treptat, ea se va încălzi. Presiunea exercitată asupra rezervelor de hrană şi a întregii biosfere va fi agravată de schimbările condiţiilor meteorologice globale. Schimbarea climatică exemplifică tensiunea dintre ştiinţă, public şi politicieni. Spre deosebire de problema suprapopulării, aceasta este intens dezbătută – în pofida faptului că în 2017 regimul Trump din Statele Unite a interzis folosirea sintagmelor „încălzire globală” şi „schimbare climatică” în documentele publice. Cu toate acestea, se acţionează înspăimântător de puţin în privinţa implicaţiilor schimbării climatice.

Un lucru nu este controversat. Concentraţia de CO_2 din aer este în creştere, mai ales ca urmare a arderii combustibililor fosili. Omul de ştiinţă Charles Keeling a măsurat nivelurile de CO_2 folosind un instrument de la Observatorul Mauna Loa din Hawaii, care a funcţionat fără întrerupere din 1958 (după moartea lui Keeling în 2005, programul a fost continuat de fiul său, Ralph). Şi nu încape

îndoială că această creştere generează un „efect de seră”. Lumina solară ce încălzeşte Pământul este reemisă ca radiaţie infraroşie. Dar, aşa cum sticla dintr-o seră captează radiaţia infraroşie (deşi lasă să pătrundă lumina), tot aşa CO_2 acţionează ca o pătură ce blochează căldura în atmosfera, uscatul şi oceanele Pământului. Acest lucru a fost înţeles încă din secolul al XIX-lea. O creştere a concentraţiei de CO_2 va duce la o tendinţă de încălzire pe termen lung, care se va adăuga la toate celelalte efecte complicate ce fac clima să fluctueze.

Dublarea emisiei de CO_2, dacă toate celelalte aspecte ale atmosferei ar rămâne neschimbate, ar genera o creştere cu 1, 2 C a temperaturii globale medii – acesta este un calcul simplu. Mai puţin înţelese sunt însă schimbările asociate, referitoare la vaporii de apă, pătura de nori şi curenţii din oceane. Nu ştim cât de importante sunt aceste procese reactive. Al cincilea raport al Comisiei Interguvernamentale privind Schimbarea Climatică (CISC), publicat în 2013, a prezentat mai multe previziuni, care (în ciuda incertitudinilor) clarifică anumite lucruri. În special, dacă emisiile anuale de CO_2 continuă să crească necontrolat, riscăm să provocăm o schimbare climatică de proporţii – care va duce la scenarii catastrofale cu efecte în secolele următoare, precum iniţierea topirii ireversibile a gheţarilor din Groenlanda şi Antarctica, fapt care va ridica în cele din urmă nivelul mărilor cu mai mulţi metri. E important să subliniem că această creştere a temperaturii globale este doar una medie; efectul este cu atât mai perturbator cu cât creşterea e mai rapidă în anumite regiuni şi poate provoca modificări severe ale condiţiilor meteorologice regionale.

Dezbaterea referitoare la climă a fost viciată de antagonismele dintre ştiinţă, politică şi interesele comerciale. Cei cărora nu le plac implicaţiile previziunilor CISC au blamat ştiinţa în loc să ceară public o ştiinţă mai bună. Dezbaterea ar fi mai constructivă dacă cei care se opun politicilor actuale ar recunoaşte imperativul de a

rafina şi a consolida previziunile – nu doar la nivel global, ci şi, chiar mai important, pentru regiunile individuale. Oamenii de ştiinţă de la Cambridge şi din California13 desfăşoară un proiect numit Vital Signs (Semne Vitale), care îşi propune să folosească un volum enorm de date referitoare la climă şi mediu pentru a afla ce tendinţe locale (secete, valuri de căldură etc.) sunt corelate cel mai direct cu creşterea temperaturii medii. Acesta ar putea să le ofere politicienilor ceva mai relevant şi mai uşor de evaluat decât încălzirea globală medie.

Viteza cu care se acumulează CO_2 în atmosferă va depinde de tendinţele viitoare ale populaţiei şi de proporţiile dependenţei continue a lumii de combustibilii fosili. Dar nici măcar în cazul unui scenariu specific referitor la emisia de CO_2, nu putem prezice cât de rapid va creşte temperatura medie, deoarece „factorul de sensibilitate climatică" este determinat de un feedback incert. Experţii CISC au ajuns la un consens, stabilind că, dacă nu se schimbă nimic – populaţia creşte şi depindem în continuare de combustibili fosili –, există o probabilitate de 5% ca temperatura să crească cu şase grade în secolul următor. Dacă vedem cheltuielile actuale pentru reducerea emisiilor de CO_2 ca pe o poliţă de asigurare, principala justificare este de a evita mai curând riscul redus al unei catastrofe de proporţii (cum ar fi această creştere de şase grade) decât probabilitatea de 50% să ne confruntăm cu ceva extrem de nociv, dar la care ne-am putea adapta.

Scopul proclamat al conferinţei de la Paris era prevenirea creşterii temperaturii medii cu mai mult de două grade – şi, pe cât posibil, limitarea ei la 1, 5 grade. Este un scop adecvat dacă vrem să reducem riscul de a atinge „puncte critice". Dar întrebarea e: cum îl implementăm? Cantitatea de CO_2 care poate fi degajată fără a depăşi această limită este de două ori incertă, pur şi simplu pentru că nu cunoaştem factorul de sensibilitate climatică. Ţinta este, de aceea, nesatisfăcătoare – şi îi va încuraja, în mod evident, pe cei ce susţin folosirea

combustibililor fosili să „promoveze” descoperiri ştiinţifice care preconizează o sensibilitate redusă.

În pofida incertitudinilor – atât din ştiinţă, cât şi din proiecţiile demografice şi economice două mesaje rămân importante:

1. Perturbările regionale la nivelul condiţiilor meteorologice din următorii douăzeci-treizeci de ani vor agrava presiunile asupra rezervelor de hrană şi apă, producând mai multe „evenimente extreme” şi generând migraţie.

2. În scenariile în care condiţiile actuale rămân neschimbate, iar lumea depinde în continuare de combustibilii fosili, nu putem exclude, în cursul acestui secol, o încălzire cu adevărat catastrofală şi anumite tendinţe pe termen lung precum topirea calotei glaciare a Groenlandei.

Dar chiar şi cei care acceptă ambele mesaje şi sunt de acord că există un risc semnificativ de catastrofă climatică în cursul acestui secol au opinii diferite privind urgenţa măsurilor ce trebuie luate azi. Evaluarea lor depinde de aşteptările legate de dezvoltarea viitoare şi de optimismul privind soluţiile tehnologice. Mai presus de toate, ea depinde totuşi de o chestiune etică: măsura în care ar trebui să ne limităm plăcerile în beneficiul generaţiilor viitoare.

Bjørn Lomborg a dobândit notorietate (dar şi un statut de „sperietoare” printre mulţi oameni de ştiinţă interesaţi de climă) odată cu publicarea cărţii sale *The Skeptical Environmentalist* (Ecologistul sceptic). El a convocat un grup de economişti la Copenhaga care să se pronunţe asupra problemelor şi strategiilor globale14. Aceşti economişti aplică o rată de actualizare standard, stabilind astfel că nu este important ce se va întâmpla după 2050. Într-adevăr, riscul de catastrofă e redus în acest orizont temporal, aşa încât nu este surprinzător că ei minimalizează prioritatea de a gestiona schimbarea climatică în favoarea unor probleme mai presante, precum

asistarea săracilor lumii. Dar, aşa cum ar susţine Nicholas Stern15 şi Martin Weitzman16, dacă aplici o rată de actualizare mai mică – şi nu discriminezi pe baza datei naşterii şi îţi pasă de cei care vor trăi în secolul XXI şi mai târziu –, atunci ai putea considera că merită să faci o investiţie acum ca să protejezi generaţiile viitoare de scenariul cel mai defavorabil.

Gândiţi-vă la următoarea analogie. Să presupunem că astronomii au detectat un asteroid şi au calculat că va lovi Pământul în 2100, nu cu certitudine, dar cu (să spunem) o probabilitate de 10%. Oare ne-am relaxa, spunând că este o problemă pe care o putem lăsa deoparte vreme de cincizeci de ani – oamenii vor fi atunci mai bogaţi şi s-ar putea dovedi că oricum asteroidul nu va lovi Pământul? Nu cred că am face asta. Cu toţii ar fi de acord că ar trebui să ne apucăm imediat de treabă şi să căutăm din răsputeri metode de a-i devia traseul sau a-i reduce efectele. Am conştientiza faptul că majoritatea copiilor mici de astăzi vor fi încă în viaţă în 2100, şi ne pasă de ei.

(Ca o paranteză, aş vrea să remarc că există un context strategic în care se aplică o rată de actualizare de zero absolut: eliminarea deşeurilor radioactive, depozitele subterane, precum cel construit în Onkalo, Finlanda, şi cel propus [apoi abandonat] sub Muntele Yucca din SUA, urmând să împiedice scurgerile timp de zece mii sau chiar un milion de ani – ceea ce este oarecum ironic, dacă ne gândim că nu putem planifica politici energetice nici măcar pe următorii treizeci de ani.)

1.6. Energia curată – şi un „plan B”?

De ce răspund guvernele cu apatie la ameninţarea climatică? în principal, pentru că grija pentru generaţiile viitoare (şi pentru oamenii din zonele mai sărace ale lumii) tinde să fie neprioritară pe ordinea de zi. De fapt, reducerea emisiilor de CO_2 (prin, de pildă, o taxă pe carbon) este greu de încurajat nu numai pentru că impactul oricărei măsuri se va simţi peste câteva decenii, ci şi pentru că acesta se propagă la nivelul întregului glob.

Angajamentele luate la conferinţa de la Paris din 2015 şi promisiunea de a le reînnoi şi revizui la fiecare cinci ani sunt un pas înainte. Dar chestiunile aflate în centrul atenţiei la această conferinţă îşi vor pierde din nou prioritatea pe ordinea de zi dacă nu există un interes public continuu – sau dacă nu apar în agenda politicienilor şi în presă.

În anii 1960, psihologul Walter Mischel de la Universitatea Stanford a făcut câteva experimente clasice. Le-a oferit unor copii posibilitatea de a alege: o bezea moale pe loc sau două dacă aşteptau cincisprezece minute. El susţine că subiecţii care au ales să-şi amâne recompensa au devenit adulţi mai fericiţi şi mai împliniţi17. Este o metaforă potrivită pentru dilema cu care se confruntă naţiunile azi. Dacă e prioritizată răsplata pe termen scurt – satisfacţia imediată –, atunci bunăstarea generaţiilor viitoare este ameninţată. Orizontul de planificare pentru infrastructură şi pentru politicile de mediu trebuie să fie extins cu cincizeci de ani sau mai mulţi în viitor. Dacă îţi pasă de generaţiile viitoare, nu este etic să nu acorzi beneficiilor (şi dezavantajelor sau pierderilor) din viitor aceeaşi importanţă pe care ai acorda-o dacă ai fi un dezvoltator imobiliar ce proiectează o clădire de birouri. Iar această importanţă este un factor crucial în dezbaterea privind politica de mediu.

Mulţi încă speră că civilizaţia noastră poate face treptat tranziţia către un viitor al emisiilor scăzute de dioxid de carbon. Dar politicienii nu vor câştiga prea mulţi susţinători cu o abordare tranşantă ce presupune o schimbare nepopulară a stilului de viaţă – mai ales dacă beneficiile apar târziu, peste câteva decenii. Fireşte, e mai uşor să atragi sprijin pentru adaptarea la schimbările climatice decât pentru atenuarea lor, pentru că beneficiile celei dintâi sunt mai mari la nivel local. De pildă, guvernul din Cuba, ale cărei zone de coastă sunt deosebit de vulnerabile la uragane şi la creşterea nivelului mării, a întocmit un plan meticulos care se întinde pe un secol18.

Cu toate acestea, trei măsuri care ar putea atenua schimbarea climatică par realiste din punct de vedere politic – de fapt, sunt aproape la fel de avantajoase pentru toate părţile implicate.

În primul rând, toate ţările şi-ar putea îmbunătăţi eficienţa energetică, economisind astfel bani. Ar putea exista stimulente pentru proiectarea unor clădiri mai „verzi”. Nu este vorba doar despre îmbunătăţirea izolaţiilor, ci şi de regândirea construcţiilor. Spre exemplu, când e demolată o clădire, unele dintre elementele sale – grinzile de oţel şi conductele de plastic, să spunem – nu sunt, probabil, foarte deteriorate şi ar putea fi refolosite. De asemenea, grinzile ar putea fi proiectate mai inteligent de la bun început, încât să fie la fel de rezistente, dar să aibă o greutate inferioară, făcându-se astfel economie de oţel. Este ilustrat în felul acesta un concept care devine tot mai popular: cel al economiei circulare – al cărei scop este să reciclăm cât mai mult material posibil 19.

Deseori, progresele tehnologice conduc la aparate de uz casnic mai eficiente. Ar avea sens să le aruncăm pe cele vechi, dar numai dacă creşterea eficienţei compensează cel puţin costul suplimentar al producerii variantei îmbunătăţite. Aparatele şi vehiculele ar putea fi proiectate mai modular, astfel încât să poată fi îmbunătăţite rapid prin înlocuirea unor componente şi să nu mai fie aruncate. Vehiculele electrice ar putea fi încurajate – şi ar putea predomina până în 2040. Această tranziţie ar reduce poluarea (şi zgomotul) în oraşe. Dar efectul ei asupra nivelului de CO_2 depinde, desigur, de sursa electricităţii pentru încărcarea bateriilor.

Măsurile eficiente necesită o schimbare de mentalitate. Trebuie să preţuim lucrurile trainice – şi să le cerem producătorilor şi comercianţilor să pună accentul pe durabilitate. Trebuie mai curând să reparăm şi să îmbunătăţim decât să înlocuim. Sau să ne lipsim de anumite lucruri. Reducerile simbolice ne pot face să ne simţim virtuoşi, dar nu vor fi suficiente – dacă toţi vom face

numai câte puţin, puţin vom şi realiza.

A doua politică avantajoasă pentru toate părţile implicate ar fi să reducem emisiile de metan, carbon pur şi CFC. Acestea contribuie şi ele la efectul de seră. Dar, spre deosebire de CO_2, produc şi poluare locală – în oraşele din China, de pildă –, aşa că există un motiv mai puternic de a le reduce. (în ţările europene, efortul de a reduce poluarea porneşte cu un handicap. În anii 1990, exista o presiune în favoarea maşinilor cu motor Diesel datorită economiei lor sporite de combustibil. Această presiune este combătută astăzi, pentru că ele emit microparticule poluante care pun în pericol traiul sănătos în oraşe.)

Dar a treia măsură este cea mai importantă. Naţiunile ar trebui să extindă Cercetarea şi Dezvoltarea (R & D) la toate formele de producere de energie cu conţinut scăzut de carbon (regenerabilă, nucleară de a patra generaţie, de fuziune etc.) şi la alte tehnologii al căror progres în paralel este esenţial – în special stocarea şi reţelele inteligente. De aceea, una dintre urmările încurajatoare ale conferinţei din 2015 de la Paris a fost o iniţiativă numită Mission Inovation. A fost lansată de preşedintele Obama şi de prim-ministrul indian Narendra Modi şi sprijinită de toate ţările G7, la care s-au adăugat India, China şi alte unsprezece naţiuni. Există speranţe că acestea vor dubla fondurile publice pentru R & D în domeniul energiei curate până în 2020 şi-şi vor coordona eforturile. Această ţintă este modestă. În prezent, doar 2% din fondurile publice pentru R & D sunt alocate acestor provocări. De ce n-ar fi acest procentaj la fel de mare ca al bugetelor de cercetare din domeniul medicinei şi apărării? Bill Gates şi alţi filantropi privaţi şi-au luat un angajament similar.

Impedimentul care stă în calea „decarbonizării” economiei globale este că energia regenerabilă încă e costisitor de produs. Cu cât aceste tehnologii „curate” vor avansa mai rapid, cu atât preţurile lor vor scădea mai curând, în aşa fel încât vor deveni accesibile pentru ţările

în curs de dezvoltare, unde va fi necesară o capacitate mai mare de producţie, sănătatea celor săraci fiind pusă în pericol de sobele pe lemn sau bălegar, şi unde, altfel, ar trebui să se construiască centrale electrice pe cărbune.

Soarele furnizează de 5.000 de ori mai multă energie suprafeţei Pământului decât cererea umană totală de energie. Străluceşte cu o intensitate sporită în Asia şi Africa, unde se preconizează că şi cererea de energie va creşte cel mai rapid. Spre deosebire de combustibilii fosili, energia solară nu poluează şi nu ucide mineri. Spre deosebire de fisiunea nucleară, nu lasă în urmă deşeuri radioactive. Energia solară este deja competitivă pentru miile de sate din Africa şi India care nu sunt conectate la reţea. Dar, la o scară mai largă, rămâne mai scumpă decât combustibilii fosili, devenind viabilă din punct de vedere economic doar datorită subvenţiilor şi tarifelor fixe. Or, la un moment dat, aceste subvenţii vor trebui să înceteze.

Dacă soarele (sau vântul) va deveni sursa noastră principală de energie, va trebui să găsim o modalitate prin care să o înmagazinăm, astfel încât să existe rezerve pe timpul nopţii sau în zilele în care nu bate vântul. Deja există investiţii serioase în îmbunătăţirea bateriilor şi sporirea capacităţii lor. La sfârşitul lui 2017, compania SolarCity a lui Elon Musk a instalat o reţea de acumulatori litiu-ion cu o capacitate de 100 de megawaţi undeva în sudul Australiei. Mai există şi alte posibilităţi de înmagazinate, precum stocarea termică, condensatoarele, aerul comprimat, volanţii, sarea topită, hidroenergie acumulată prin pompare şi hidrogenul.

Tranziţia spre vehiculele electrice a dat un imbold tehnologiei bateriilor (cerinţele pentru bateriile auto sunt mai mari decât pentru cele de uz casnic sau din bancurile de baterii, din punctul de vedere al greutăţii şi al vitezei de reîncărcare). Vom avea nevoie de reţele de înaltă tensiune în curent continuu (ITCC) care să transporte eficient energia electrică la distanţe mari. Pe termen lung, aceste reţele ar trebui să fie transcontinentale – transportând

energia solară din Africa de Nord şi Spania în mai puţin însorita Europă de Nord şi de la est la vest, pentru a face faţă cererii mai mari din diferite zone din America de Nord şi Eurasia.

Cu greu ne putem imagina o provocare mai incitantă pentru tinerii ingineri decât proiectarea sistemelor de energie curată la nivel mondial.

Alte metode de producere a energiei în afară de cele bazate pe soare şi vânt au anumite nişe geografice. Energia geotermală e uşor disponibilă în Islanda; energia valurilor este utilizabilă, dar, fireşte, la fel de inconstantă precum vântul. Valorificarea energiei mareei pare atractivă – fluxul şi refluxul sunt previzibile –, dar nu e promiţătoare, cu excepţia câtorva locuri unde topografia duce la o amplitudine deosebită a mareei. Coasta de vest a Marii Britanii, cu o amplitudine a mareei de până la 15 metri, este unul dintre aceste locuri şi s-au realizat deja studii de fezabilitate pentru modul în care turbinele ar putea extrage energie din curenţii rapizi produşi de maree în jurul unor capuri şi promontorii. Un baraj construit de la un capăt la altul al vastului estuar al râului Severn ar putea genera energie cât mai multe centrale nucleare la un loc. Dar această propunere rămâne controversată din cauza preocupărilor legate de impactul său ecologic. Un proiect alternativ implică lagune mareice create prin construirea unor diguri ce închid zone maritime de câţiva kilometri lăţime. Diferenţa dintre nivelul interior şi cel exterior al apei mării este folosită pentru a alimenta turbinele. Aceste lagune se caracterizează prin faptul că investiţia cea mai importantă se face în terasamente durabile de tip tradiţional, care s-ar putea amortiza în secole întregi.

Previziunile actuale sugerează că ar mai putea trece câteva decenii până când sursele de energie curată ne vor acoperi toate nevoile, mai ales în ţările în curs de dezvoltare. Dacă, de pildă, energia solară şi înmagazinarea prin hidrogen şi baterii se vor dovedi inadecvate (acum

acestea par cele mai bune soluţii), atunci vom avea nevoie de un plan de rezervă la mijlocul secolului XXI. Energia gazelor ar fi acceptabilă dacă s-ar combina cu sechestrarea carbonului (captarea şi stocarea carbonului, CSC), în care CO_2 este extras din gazele reziduale la centralele electrice şi apoi e transportat şi stocat permanent în subteran.

Unii susţin că ar fi avantajos să reducem efectiv concentraţia de CO_2 la nivelul ei preindustrial – nu numai să oprim emisiile viitoare de la centralele electrice, ci şi să „reabsorbim" emisiile din ultimul secol. Argumentele în acest sens nu sunt evidente. Nu există nimic „optim" în ceea ce priveşte clima secolului XX: nociv este îndeosebi faptul că viteza antropogenică a schimbării a fost mai mare decât a schimbărilor naturale din trecut, adaptarea fiind astfel mai grea atât pentru noi, cât şi pentru lumea naturală. Dar dacă această reducere merită osteneala, există două moduri de a o realiza. Unul este extragerea directă de CO_2 din atmosferă; acest lucru este posibil, dar ineficient, deoarece CO_2 reprezintă doar 0,02% din aer. O altă tehnică ar fi culturile, care absorb, desigur, CO_2 din atmosferă, pe care să le folosim ca biocombustibili şi apoi să captăm (şi să stocăm în subteran) dioxidul de carbon care este reemis în centralele electrice atunci când sunt arşi. Acest lucru este benefic în principiu, dar problematic din pricina suprafeţei de teren necesare pentru a cultiva biocombustibilii (teren care altminteri ar fi disponibil pentru agricultură sau ar putea fi conservat ca pădure naturală) şi pentru că sechestrarea a miliarde de tone de CO_2 nu este un procedeu direct. O variantă mai avansată tehnologic ar fi folosirea unor „frunze artificiale" pentru a încorpora CO_2 direct în combustibil.

Care este rolul energiei nucleare? Eu unul aş fi de acord ca Marea Britanie şi Statele Unite să mai construiască o serie de centrale nucleare de nouă generaţie. Dar pericolele unui accident nuclear, chiar dacă acesta e improbabil, provoacă nelinişte; opinia publică şi

cea politică sunt volatile. După dezastrul de la Fukushima Daiichi din 2011, ostilitatea faţă de energia nucleară s-a manifestat nu numai (deloc surprinzător) în Japonia, ci şi în Germania. Mai mult, un program mondial de energie nucleară nu poate atrage susţinere atât timp cât nu se înfiinţează şi „bănci” de combustibil reglementate internaţional care să asigure uraniu îmbogăţit, şi să îndepărteze şi stocheze deşeurile. În plus, ar trebui să existe un protocol strict de securitate pentru a preveni riscurile, asemănător cu cel al asigurărilor cu grad mare de risc din transporturile aeriene, şi un acord ferm de neproliferare pentru a împiedica direcţionarea materialului radioactiv spre producţia de armament.

În ciuda ambivalenţei legate de extinderea energiei nucleare, e necesar să ducem R & D spre o varietate de concepte de a patra generaţie, care s-ar putea dovedi mai flexibile din perspectiva dimensiunilor şi mai sigure. Această industrie a fost relativ inactivă în ultimii douăzeci de ani şi proiectele actuale datează din anii 1960 sau chiar de mai devreme. În special, merită să studiem economia reactoarelor modulare mici, standardizate, care ar putea fi construite în număr mare şi sunt suficient de mici pentru a fi asamblate într-o fabrică înainte de a fi transportate la locaţia finală. Mai mult, anumite proiecte din anii 1960 ar trebui reconsiderate – în special reactorul pe bază de toriu, care prezintă avantajul că toriul este mai răspândit în scoarţa terestră decât uraniul şi, de asemenea, produce mai puţine deşeuri toxice.

Tentativele de a utiliza fuziunea nucleară – procesul care alimentează Soarele – datează încă din anii 1950, dar, din păcate, s-au soldat doar cu eşecuri; energia va fi obţinută prin fuziune în scop comercial abia peste cel puţin treizeci de ani. Provocarea constă în folosirea forţelor magnetice pentru a izola gazul la o temperatură de milioane de grade – la fel de mare ca în centrul Soarelui – şi în fabricarea unor materiale pentru învelişul reactorului care să poată rezista unei iradieri prelungite. În ciuda

costului, potenţialele beneficii ale fuziunii sunt atât de mari încât merită să realizăm în continuare experimente şi prototipuri. Cel mai semnificativ efort în acest sens este Reactorul Experimental Termonuclear International (RETI) din Franţa. Proiecte similare, dar la scară mai mică se desfăşoară în Coreea, Marea Britanie şi SUA. Un concept alternativ, în care razele convergente ale unor lasere imense încălzesc până la implozie pelete minuscule de deuteriu, este studiat la

Laboratorul Naţional Lawrence Livermore din SUA, dar National Ignition Facility este în principal un proiect de apărare care va furniza substitute la scară de laborator pentru testele cu bombe cu hidrogen; promisiunea obţinerii energiei prin fuziune e un paravan politic.

„Elementul de panică" şi sentimentul de neajutorate exagerează teama publicului de radiaţie. Drept urmare, toate proiectele de fisiune şi fuziune sunt blocate de grija disproporţionată faţă de niveluri chiar şi foarte scăzute de radiaţie.

Tsunamiul japonez din 2011 a luat 30.000 de vieţi, în special prin înec. A distrus de asemenea centralele nucleare Fukushima Daiichi, care nu erau protejate adecvat împotriva unui val înalt de 15 metri şi nu fuseseră bine proiectate (de pildă, generatoarele de urgenţă erau amplasate foarte jos şi nu au putut porni din cauza inundaţiei). În consecinţă, materialele radioactive s-au scurs şi s-au împrăştiat. Satele din împrejurimi au fost evacuate într-o manieră necoordonată – iniţial, doar cele aflate pe o rază de trei kilometri de centralele nucleare, apoi cele de pe o rază de douăzeci de kilometri, apoi de treizeci – şi neluând în considerare cum se cuvine modul asimetric în care vântul răspândea contaminarea. Unii dintre cei evacuaţi au fost nevoiţi să se mute de trei ori. Iar unele sate au rămas nelocuite, cu urmări devastatoare pentru vieţile celor care trăiau acolo dintotdeauna. Într-adevăr, trauma mentală şi alte probleme de sănătate, precum diabetul, s-au dovedit mai debilitante decât riscul

iradierii. Mulţi sinistraţi, în special cei de vârsta a treia, ar fi dispuşi să accepte un risc considerabil mai mare de cancer în schimbul libertăţii de a-şi duce traiul într-un mediu familiar. Ar trebui să aibă această opţiune. (Tot aşa, evacuările în masă după dezastrul de la Cernobîl n-au fost neapărat în interesul celor strămutaţi.)

Avertismentele dure cu privire la pericolele radiaţiei de nivel scăzut au un efect negativ asupra întregii economii a energiei nucleare. După scoaterea din uz a reactorului experimental cu neutroni rapizi de la Dounreay, în nordul Scoţiei, miliarde de lire sunt cheltuite pe o „curăţenie provizorie" de acum până în anii '2030, urmate de alte cheltuieli, zeci de ani după aceea. Pentru secolul următor a fost alocat un buget de aproape 100 de miliarde de lire pentru ca instalaţiile nucleare Sellafield din Anglia să revedină „teren viran". O altă preocupare strategică este următoarea: dacă centrul unui oraş ar fi atacat cu o „bombă murdară" (o explozie chimică convenţională contaminată cu material radioactiv), ar fi nevoie de o formă de evacuare. Dar, la fel ca la Fukushima, planurile de evacuare actuale ar produce o reacţie nejustificat de drastică, atât în ceea ce priveşte proporţiile, cât şi durata evacuării. Perioada imediat următoare unui incident nuclear nu este momentul optim pentru o dezbatere echilibrată. Iată de ce acest subiect necesită acum o nouă evaluare şi diseminarea pe scară largă a unor instrucţiuni clare şi adecvate.

*

Ce se va întâmpla cu adevărat pe frontul climatic? Bănuiala mea pesimistă e că eforturile politice pentru decarbonizarea producţiei de energie nu vor atrage susţinere şi că, din păcate, concentraţia de CO_2 din atmosferă va creşte într-un ritm accelerat în următorii douăzeci de ani, chiar dacă angajamentele de la Paris vor fi onorate. Dar până atunci vom şti mult mai sigur – pornind de la o bază de date colectate pe o perioadă mai lungă şi de la reprezentări mai bune – cât de puternică este

retroacţiunea produsă de vaporii de apă şi de nori. Dacă „sensibilitatea climatică” este scăzută, ne vom relaxa. Dar dacă este crescută şi, în consecinţă, clima pare să fie pe o traiectorie ireversibilă pe un tărâm periculos (urmând cel mai pesimist scenariu de creştere a temperaturii din al cincilea raport CISC), atunci ar putea exista o presiune pentru adoptarea unor „măsuri de panică”. Acest lucru ar putea implica un „plan B” – să fim fataliţti în privinţa continuării dependenţei de combustibili fosili, dar să combatem efectele eliberării de CO_2 în atmosferă printr-o investiţie masivă în captarea şi stocarea carbonului la centralele electrice alimentate numai cu combustibili fosili.

O măsură mai controversată ar fi controlarea activă a climei prin geoinginerie20. Aşa-numitul „efect de seră” ar putea fi contracarat prin (de exemplu) plasarea unor aerosoli reflectorizanţi în straturile superioare ale atmosferei sau chiar a unor uriaşe „parasolare” în spaţiu. Pare fezabil să plasăm suficiente materiale în stratosferă pentru a schimba clima planetei – de fapt, ceea ce dă fiori e că acest lucru ar putea fi realizat cu resursele unei singure naţiuni sau poate chiar ale unei singure corporaţii. Problemele politice ale unei asemenea geoinginerii ar putea fi copleşitoare. Ar putea apărea efecte secundare nedorite. Mai mult, încălzirea s-ar relua cu forţe sporite dacă am abandona contramăsurile şi nu am ţine sub control celelalte consecinţe ale creşterii nivelului de CO_2 (mai ales efectele nocive ale acidificării oceanelor).

Geoingineria de acest tip ar fi un adevărat coşmar politic; nu toate naţiunile ar dori să ajusteze termostatul în acelaşi fel. Ar fi necesară o analiză foarte elaborată a climei pentru a calcula impactul regional al oricărei intervenţii artificiale. Pentru avocaţi ar fi o mină de aur dacă vremea rea ar putea fi pusă pe seama unui individ sau unei naţiuni! (Trebuie observat totuşi că un alt tip de remediu – extragerea directă de CO_2 din atmosferă – n-ar trezi nelinişti. În prezent aceasta nu pare fezabilă din punct de vedere economic, dar nu i se poate reproşa nimic,

pentru că doar ar anula efectele geoingineriei practicate de oameni prin arderea combustibililor fosili.)

În ciuda caracteristicilor sale neatrăgătoare, geoingineria merită explorată pentru a clarifica opţiunile valide şi, poate, pentru a potoli optimismul nefondat cu privire la o „soluţie rapidă" tehnică pentru climă. Ar fi, de asemenea, înţelept să rezolvăm chestiunile complexe de guvernanţă pe care le ridică – şi să ne asigurăm că ele sunt clarificate înainte ca schimbarea climatică să devină atât de gravă, încât să fim presaţi să acţionăm de urgenţă.

Aşa cum am subliniat în introducere, aceasta este prima epocă în care umanitatea poate afecta întregul habitat al planetei: clima, biosfera şi resursele naturale. Schimbările se petrec în câteva decenii. Acest ritm este mult mai rapid decât cel al schimbărilor naturale care s-au produs în trecutul geologic; pe de altă parte, e destul de lent încât să ne ofere, colectiv sau la nivel naţional, timp să planificăm un răspuns – să atenuăm schimbările climatice sau să ne adaptăm la ele şi să ne modificăm stilul de viaţă. Asemenea ajustări sunt posibile în principiu – deşi o temă deprimantă ce străbate această carte este decalajul dintre ceea ce e de dorit din punct de vedere tehnic şi ceea ce se întâmplă în realitate.

Ar trebui să fim evangheliştii noilor tehnologii – fără ele, ne-ar lipsi multe dintre lucrurile datorită cărora ducem o viaţă mai bună decât generaţiile anterioare. Fără tehnologie, planeta nu poate asigura hrană şi energie sustenabilă unei populaţii în creştere şi cu tot mai multe nevoi. Dar ea trebuie folosită cu înţelepciune. Sistemele de energie regenerabilă, progresele medicale şi producţia tehnologizată de hrană (carnea artificială şi altele) sunt obiective înţelepte; tehnicile de geoinginerie, probabil că nu.

Cu toate acestea, inovaţiile ştiinţifice şi tehnice se pot produce atât de rapid şi într-un mod atât de imprevizibil, încât s-ar putea să nu le facem faţă cum se cuvine; va fi o provocare să le valorificăm beneficiile şi să

le evităm totodată inconvenientele. Tensiunile dintre promisiunile şi pericolele noilor tehnologii constituie tema capitolelor următoare.

2. Viitorul omenirii pe Pământ

2.1. Biotehnologia

Robert Boyle este cunoscut în prezent mai ales pentru „Legea lui Boyle” referitoare la presiunea şi volumul gazelor. A fost unul dintre „gentlemenii ingenioşi şi curioşi” care, în 1660, au înfiinţat Royal Society din Londra, care este astăzi academia de ştiinţe a Regatului Unit. Aceşti bărbaţi (întrucât nu existau femei printre ei) s-ar fi autointitulat „filosofi naturali” (termenul „om de ştiinţă” a apărut abia în secolul al XIX-lea); potrivit lui Francis Bacon, ale cărui lucrări i-au influenţat profund, erau „negustori de lumină”, căutând cunoaşterea ca scop în sine, însă erau totodată şi oameni practici, implicaţi în problemele epocii lor, urmărind (ca să-l citez pe Bacon din nou) „uşurarea condiţiei omului”.

Boyle a fost o persoană enciclopedică. După ce a murit în 1691, printre hârtiile sale a fost găsită o notiţă scrisă de mână, conţinând o „listă de dorinţe” cu invenţii care ar fi utile omenirii1. În limbajul său pitoresc, a anticipat unele progrese ce deja au fost realizate în ziua de azi, dar şi unele care, după trei secole, încă ne scapă. Iată o parte din lista sa:

Prelungirea vieţii.

Recăpătarea tinereţii, sau cel puţin a câtorva semne ale acesteia, cum ar fi dinţi noi, păr nou, colorat ca în tinereţe

Arta de a zbura

Arta de a sta mult sub apă şi de a îndeplini funcţii în mod liber acolo

Putere uriaşă şi agilitate a corpului exemplificată de cea a epilepticilor maniaci şi a persoanelor isterice

Accelerarea producerii lucrurilor din seminţe Crearea de lentile parabolice şi hiperbolice Modul practic şi sigur de a găsi longitudinile Medicamente puternice

care să modifice sau să dezvolte imaginaţia, starea de veghe, memoria şi alte funcţii, care să domolească durerea, să asigure un somn liniştit, vise plăcute etc.

O lumină permanentă

Transmutaţia speciilor în minerale, animale şi vegetale

Atingerea unor dimensiuni gigantice

Eliberarea de nevoia de mult somn, exemplificată de efectele ceaiului şi de ceea ce li se întâmplă oamenilor nebuni, precum şi de stimulentele care te ţin treaz2.

Orice individ din secolul lui Boyle, al XVII-lea, ar fi uimit de lumea modernă – în mult mai mare măsură decât ar fi fost uimit un roman de lumea lui Boyle. În plus, numeroase schimbări încă se produc în ritm accelerat. Noile tehnologii – biotehnologia, tehnologia cibernetică şi IA – vor provoca schimbări greu de anticipat chiar şi cu un deceniu înainte. Aceste tehnologii ar putea oferi noi soluţii pentru crizele ce ameninţă lumea noastră suprapopulată; pe de altă parte, ar putea da naştere unor vulnerabilităţi care ne-ar crea şi mai multe dificultăţi pe parcursul acestui secol. Progresul ulterior va depinde de descoperirile care vin direct din laboratoarele de cercetare, astfel încât viteza lui este extrem de greu de prezis – spre deosebire, de exemplu, de puterea nucleară, care este bazată pe fizica secolului XX, şi de transformările din secolul al XIX-lea produse de aburi şi electricitate.

O tendinţă importantă în biotehnologie a fost scăderea abruptă a costului secvenţierii genomului. „Prima schiţare a hărţii genomului uman” a implicat echipe mari de oameni de ştiinţă şi costuri majore – un proiect internaţional cu un buget de trei miliarde de dolari. Finalizarea sa a fost anunţată la o conferinţă de presă la Casa Albă în iunie 2000. Dar până în 2018 costul a scăzut sub 1.000 de dolari. În curând secvenţierea genomului va fi ceva uzual pentru noi toţi, ceea ce ridică întrebarea dacă vrem într-adevăr să ştim dacă suntem purtătorii genelor care ne predispun la anumite boli3.

Acum există însă un progres paralel cu acesta – capacitatea mai rapidă şi mai ieftină de a *sintetiza* genomuri. Încă din 2004, virusul poliomielitei a fost sintetizat – fapt ce prevestea evenimentele viitoare. În 2018, tehnica este mult mai avansată. De fapt, biotehnologul şi omul de afaceri american Craig Venter dezvoltă un sintetizator genetic care e practic o imprimantă 3D pentru coduri genetice. Chiar dacă acesta poate reproduce numai genomuri simple, ar putea avea aplicaţii variate. „Codul" pentru un vaccin ar putea fi transmis electronic în lumea întreagă, permiţând distribuirea globală imediată a unui vaccin creat pentru a combate o nouă epidemie.

Oamenii sunt de obicei tulburaţi de inovaţiile care par a fi „contra naturii" şi prezintă riscuri. Vaccinările şi transplanturile de inimă, de pildă, au stârnit controverse în trecut. Mai recent, opinia publică s-a arătat îngrijorată în legătură cu cercetarea embrionilor, transplanturile mitocondriale şi celulele stern. Am urmărit cu atenţie dezbaterea din Marea Britanie premergătoare legislaţiei ce permite experimentele pe embrioni de până la paisprezece zile. Dezbaterea a fost bine condusă, fiind caracterizată de un schimb de replici constructiv între cercetători, parlamentari şi publicul larg. A existat opoziţie din partea Bisericii Catolice, unii dintre reprezentanţii săi punând în circulaţie broşuri ce înfăţişau un embrion de paisprezece zile sub forma unui „homunculus" structurat. Oamenii de ştiinţă au subliniat pe bună dreptate cât de înşelătoare era această imagine; un embrion într-un stadiu atât de timpuriu este, de fapt, un grup de celule microscopic şi încă nediferenţiat. Dar opozanţii mai experimentaţi replicau: „Ştiu asta, dar tot este sacru" – iar ştiinţa nu poate oferi niciun contraargument la această credinţă.

În schimb, dezbaterea privind culturile şi animalele modificate genetic (MG) nu a fost gestionată la fel de bine în Marea Britanie. Încă dinainte să înceapă cu adevărat

dezbaterea publică, a existat un conflict între Monsanto, o imensă corporaţie agrochimică, şi ecologişti. Monsanto a fost acuzată că îi exploata pe fermierii din ţările în curs de dezvoltare cerându-le să achiziţioneze seminţe anual. Publicul larg a fost influenţat de o campanie mediatică împotrivă. Alimentelor Frankenstein". Am simţit dezgust atunci când am auzit că oamenii de ştiinţă ar putea „crea" iepuri care strălucesc în întuneric – o versiune agravată a aversiunii pe care mulţi dintre noi o simţim faţă de exploatarea animalelor de circ. În ciuda faptului că plantele modificate genetic sunt consumate de 300 de milioane de americani timp de un întreg deceniu fără probleme vizibile, ele sunt încă strict controlate în Uniunea Europeană. Şi, după cum precizam în secţiunea 1.3, activiştii anti-MG s-au opus să le oferim alimente MG copiilor subnutriţi pentru a le combate carenţele alimentare. Există însă preocupări reale că diversitatea genetică redusă a unor culturi esenţiale (grâu, porumb etc.) ar putea să facă rezerva de hrană a lumii mai vulnerabilă la bolile plantelor.

Noua tehnologie de editare genetică, CRISPR/ Cas9, ar putea modifica secvenţierea genetică într-o manieră mai acceptabilă decât tehnicile anterioare. CRISPR/Cas9 face mici schimbări în secvenţele ADN pentru a suprima genele vătămătoare (sau pentru a le modifica manifestarea). Dar nu „transgresează bariera speciilor". La oameni, această utilizare benefică şi necontroversată a editării genetice elimină gene unice care produc bili specifice.

Fertilizarea in vitro (FIV) oferă deja o modalitate mai puţin invazivă decât CRISPR/Cas9 de a înlătura genele dăunătoare. Această procedură permite, după tratamentul hormonal pentru inducerea ovulaţiei, recoltarea mai multor ovule, fertilizarea lor in vitro şi dezvoltarea lor până la un stadiu timpuriu. O celulă din fiecare embrion este apoi testată pentru a detecta prezenţa genei indezirabile, iar un embrion care nu prezintă gena în cauză este implantat pentru o sarcină normală.

În prezent este disponibilă o tehnică diferită care poate înlocui o categorie distinctă de gene defectuoase. O parte din materialul genetic dintr-o celulă se găseşte în organitele numite mitocondrii; acestea sunt separate de nucleul celulei. Dacă o genă defectuoasă este mitocondrială, ea poate fi înlocuită cu mitocondrii de la o altă femeie – ceea ce conduce la „copii cu trei părinţi”. Această tehnică a fost legalizată de parlamentul Marii Britanii în 2015. Păsul următor ar fi folosirea editării genetice pe ADN-ul din nucleul celulei.

În mintea oamenilor există o distincţie clară între intervenţiile medicale artificiale care elimină ceva nociv şi folosirea unor tehnici similare pentru a obţine o „îmbunătăţire”. Cele mai multe caracteristici (statura, inteligenţa etc.) sunt determinate de un conglomerat de gene. Abia când va fi disponibil ADN-ul a milioane de oameni vom putea (folosind sisteme de recunoaştere a tiparelor asistate de IA) să identificăm combinaţia de gene relevantă. Pe termen scurt, aceste date ar putea fi folosite pentru a decide selectarea embrionilor pentru FIV. Dar modificarea sau reproiectarea genomului sunt perspective mai îndepărtate (şi, fireşte, mai riscante şi mai nesigure). Numai când va fi posibil acest lucru – iar ADN-ul corespunzător va putea fi secvenţiat artificial – vor putea fi concepuţi (în ambele sensuri ale cuvântului!) „copii la comandă”. În mod interesant, încă nu este clar câţi părinţi şi-ar dori odrasle „îmbunătăţite” astfel (în comparaţie cu editarea monogenică, mai fezabilă, necesară pentru a înlătura predispoziţiile spre anumite boli sau dizabilităţi). În anii 1980, în California a fost înfiinţat Repository for Germinal Choice pentru a facilita conceperea de „copii la comandă”; era o bancă de spermă, numită şi „banca de spermă a Premiului Nobel”, având doar donatori de „elită”, printre care William Shockley, coinventator al tranzistorului şi câştigător al Premiului Nobel, care a dobândit notorietate spre sfârşitul vieţii ca susţinător al eugeniei. A fost surprins – deşi cei mai mulţi dintre noi

probabil au jubilat – că n-a fost mare cerere.

Progresele din medicină şi chirurgie deja realizate – şi cele la care ne putem aştepta cu încredere în deceniile următoare – vor fi primite ca o adevărată binecuvântare. Cu toate acestea, ele vor accentua unele probleme etice – mai cu seamă, vor acutiza dilemele legate de tratarea celor aflaţi la începutul vieţii şi, respectiv, la sfârşitul ei. O extindere a duratei de viaţă sănătoase va fi bine-venită. Devine însă problematic decalajul tot mai mare dintre numărul anilor în care ne vom bucura de o bătrâneţe sănătoasă şi cât mai poate fi prelungită viaţa după aceea prin măsuri extreme. Mulţi dintre noi ar alege neresuscitarea şi tratamentul exclusiv paliativ de îndată ce calitatea vieţii şi prognosticul în ceea ce ne priveşte ar coborî sub un anumit prag. Ne înfioară gândul de a fi prinşi ani de zile în ghearele unei demenţe avansate – secătuind resursele şi compasiunea celorlalţi. În mod similar, trebuie să ne întrebăm dacă eforturile de a salva copiii născuţi extrem de prematur sau cu probleme iremediabile nu au mers prea departe. La sfârşitul lui 2017, de pildă, o echipă de chirurgi din Marea Britanie a încercat – cu multă dăruire – să salveze o fetiţă născută cu inima în afara corpului.

Belgia, Olanda, Elveţia şi câteva state din SUA au legalizat „moartea asistată”, permiţând astfel unei persoane aflate în deplinătatea facultăţilor mintale, dar care suferă de o boală terminală, să fie ajutată să moară în pace. Rudele sau medicii şi asistenţii lor pot efectua procedurile necesare fără a fi ameninţaţi cu urmărirea penală pentru „favorizarea unei sinucideri”. Niciun proiect similar nu este încă aprobat de parlamentul Marii Britanii. Obiecţiile au la bază motive religioase fundamentale, opinia că participarea la asemenea fapte contravine eticii medicale şi teama că oamenii vulnerabili ar putea să simtă presiunea de a alege această cale din partea familiilor lor sau să se frământe că îi împovărează pe ceilalţi. Inacţiunea persistă în Marea Britanie, cu toate că 80% dintre cetăţeni

susţin „moartea asistată”. Personal, o spun cu hotărâre, fac parte din cei 80%. Gândul că această opţiune este disponibilă i-ar alina pe mult mai mulţi decât cei care ar recurge efectiv la ea. Medicina şi chirurgia moderne sunt, desigur, beneficе pentru cei mai mulţi dintre noi, în cea mai mare parte a vieţii noastre, şi putem să ne aşteptăm la progrese suplimentare în deceniile următoare, care pot prelungi viaţa sănătoasă. Cu toate acestea, mă aştept (şi sper) ca presiunea în favoarea legalizării eutanasiei în condiţii reglementate să crească.

O altă consecinţă a progreselor medicale este estomparea tranziţiei de la viaţă la moarte. Moartea este definită acum în mod normal drept „moartea cerebrală” – stadiul în care dispar toate semnele activităţii cerebrale ce pot fi măsurate. Acesta este criteriul folosit de chirurgii ce efectuează transplanturi atunci când decid că pot să „recolteze” în mod adecvat organele dintr-un corp. Dar limita se estompează şi mai mult ca urmare a sugestiilor ca inima să fie repornită în mod artificial după „moartea cerebrală”, doar pentru a păstra „proaspete” organele vizate mai mult timp. Acest lucru sporeşte şi mai mult ambiguitatea morală a chirurgiei de transplant. Deja există „agenţi” care-i îndeamnă pe locuitorii din Bangladesh ajunşi la sapă de lemn să-şi vândă un rinichi sau alt organ, care le va fi revândut cu un preţ imens beneficiarilor înstăriţi. Şi am văzut cu toţii la televizor imagini tulburătoare cu mama unui copil bolnav care declara că e „disperată după un donator” – disperată, altfel spus, ca un alt copil să moară, poate într-un accident fatal, pentru a furniza organul necesar. Aceste ambiguităţi morale, împreună cu insuficienţa donatorilor de organe, vor continua (şi chiar se vor agrava) până când xenotransplantarea – recoltarea organelor pentru uz uman de la porci sau alte animale – va deveni o tehnică de rutină şi sigură. Şi mai bine ar fi (deşi această idee este mai futuristă) dacă nişte tehnici asemănătoare celor dezvoltate pentru fabricarea cărnii artificiale ar putea permite

imprimarea 3D a organelor de substituţie. Aceste progrese ar trebui prioritizate.

Progresele din microbiologie – diagnosticare, vaccinuri şi antibiotice – oferă perspective de întărire a sănătăţii, de control al bolilor şi de restrângere a pandemiilor. Dar aceste beneficii au declanşat un „contraatac" periculos al patogenilor înşişi. Există preocupări legate de rezistenţa la antibiotice, pentru că bacteriile evoluează (printr-o selecţie darwinistă accelerată) şi devin imune la antibioticele folosite pentru a le suprima. Acest lucru a condus, de exemplu, la reapariţia tuberculozei (TBC). Dacă nu sunt create noi antibiotice, riscul unor infecţii postoperatorii intratabile (de exemplu) va atinge nivelul de acum un secol. Pe termen scurt, este urgent să prevenim folosirea excesivă a antibioticelor – de pildă, în cazul vitelor din SUA – şi să stimulăm dezvoltarea unor noi antibiotice, deşi sunt mai puţin profitabile pentru companiile farmaceutice decât medicamentele ce ţin sub control afecţiunile cronice.

Chiar şi studiile privind virusurile, efectuate în speranţa dezvoltării unor vaccinuri mai eficiente, comportă aspecte controversate. Bunăoară, în 2011, două grupuri de cercetare, unul în Olanda şi altul în Wisconsin, au arătat că era surprinzător de uşor să facă virusul gripei H5N1 deopotrivă mai virulent şi mai transmisibil – în opoziţie cu tendinţa naturală a acestor două caracteristici de a nu fi corelate. Justificarea invocată în favoarea acestor experimente era aceea că, dacă ne menţinem cu un pas înaintea mutaţiilor naturale, ne va fi mai uşor să pregătim la timp vaccinuri. Dar pentru mulţi acest beneficiu cântărea mai puţin decât riscurile mărite de eliberare involuntară a virusurilor periculoase şi de diseminare mai largă a unor tehnici potenţial utile bioteroriştilor. În 2014, guvernul federal american a sistat fondurile pentru aşa-numitele experimente cu mutaţii – dar în 2017 această interdicţie a devenit mai laxă. În 2018 a fost publicat un articol care semnala sintetizarea virusului „variolei cailor"

şi lasă să se înţeleagă că un virus al variolei ar putea fi sintetizat în mod asemănător4. Unii au pus sub semnul întrebării justificarea acestei cercetări, efectuată de un grup din Edmonton, Alberta, pentru că un virus inofensiv al variolei există deja şi e depozitat; alţii au susţinut că, deşi cercetarea putea fi justificată, publicarea ei a fost o greşeală.

Cum am mai spus, experimentele care folosesc tehnicile CRISPR/Cas9 pe embrioni umani generează dileme etice. Iar progresul accelerat al biotehnologiei va aduce cu sine noi cazuri în care vor exista temeri legate de siguranţa experimentelor, de diseminarea „datelor periculoase" şi de etica folosirii lor. Procedurile care afectează nu numai individul, ci şi urmaşii săi – modificând linia germinală – sunt neliniştitoare. A existat, bunăoară, o tentativă, reuşită în proporţie de 90%, de a steriliza şi a eradica astfel specia de ţânţari care răspândeşte tulpinile virusurilor Dengue şi Zika. În Marea Britanie, o tehnică de editare genetică a fost invocată pentru a elimina veveriţa gri – considerată un „dăunător" care ameninţă varietatea roşie mai drăguţă. (O tactică mai blândă este de a modifica genetic veveriţa roşie astfel încât să poată rezista parapoxvirusului care este răspândit de veveriţele gri.) Tehnici similare sunt propuse pentru a prezerva ecologia unică a Insulelor Galápagos prin eliminarea speciilor invazive – mai ales a şobolanilor negri. Trebuie notat însă că într-o carte recentă, *Inheritors of the Earth* (Moştenitorii Pământului), Chris Thomas, un ecologist distins, argumentează că răspândirea speciilor poate avea deseori un impact pozitiv în ceea ce priveşte asigurarea unei ecologii mai variate şi mai robuste5.

În 1975, la începuturile cercetării ADN-ului recombinant, un grup de biologi moleculari de seamă s-au întâlnit la centrul de conferinţe Asilomar Conference Grounds din Pacific Grove, California, şi s-au pus de acord asupra normelor care să determine ce experimente ar trebui făcute şi ce experimente ar trebui evitate. Acest

precedent aparent încurajator a stat la baza mai multor întruniri, convocate de academii naţionale, pentru a dezbate evoluţiile recente în acelaşi spirit. Dar azi, după mai bine de patruzeci de ani de la prima conferinţă Asilomar, comunitatea cercetătorilor este în mult mai mare măsură internaţională şi mai sensibilă la presiunile comerciale. Mă tem că orice reguli ar fi impuse, pe temeiuri etice sau legate de prudenţă, ele nu ar putea fi aplicate la nivel mondial – la fel cum nu pot fi aplicate la nivel mondial legile privind drogurile sau impozitarea. Orice se poate face va fi făcut de cineva, undeva. Şi acest lucru e un coşmar. Spre deosebire de echipamentul specializat, elaborat şi ostentativ, necesar pentru a crea o armă nucleară, biotehnologia are nevoie de un echipament de dimensiuni reduse, care poate fi folosit atât în scopuri militare, cât şi civile. Mai mult, biohackingul e tot mai răspândit ca hobby şi joc competitiv.

În 2003 eram îngrijorat de aceste pericole şi am estimat la 50% probabilitatea de eroare biologică sau de atac biologic terorist care ar duce la moartea unui milion de oameni până în 2020. Am fost surprins de cât de mulţi dintre colegii mei credeau că o catastrofă e chiar mai probabilă decât credeam eu. Cu toate acestea, mai recent, psihologul şi scriitorul Steven Pinker mi-a acceptat acel pariu, cu o miză de 200 de dolari. E un pariu pe care sper din toată inima să-l pierd, dar nu mi s-a părut surprinzător că autorul cărţii *The Better Angels of Our Nature* (îngerii mai buni ai naturii) 6 adoptă o perspectivă optimistă. Fascinanta carte a lui Pinker este impregnată de optimism. El citează statistici care arată o tendinţă descrescătoare satisfăcătoare a violenţei şi conflictului – declin care a fost mascat de faptul că reţelele globale de ştiri semnalează numeroase dezastre care nu ar fi fost semnalate anterior. Dar această tendinţă descendentă ne poate oferi totodată şi un fals sentiment de siguranţă, în lumea finanţelor, câştigurile şi pierderile sunt asimetrice; mulţi ani de câştiguri succesive pot fi anulaţi de o pierdere bruscă. În

biotehnologie şi pandemii, riscul e dominat de evenimente rare, dar extreme. Mai mult, pentru că ştiinţa ne conferă puteri sporite şi pentru că lumea noastră este atât de interconectată, magnitudinea celor mai grave catastrofe potenţiale a crescut enorm şi prea mulţi refuză să creadă că ele sunt posibile.

Fiindcă veni vorba, efectul societal negativ al unei pandemii ar fi azi cu mult mai mare decât în secolele anterioare. În Europa, la mijlocul secolului al XIV-lea, satele şi-au continuat existenţa chiar şi atunci când Moartea Neagră aproape că le-a înjumătăţit populaţiile; supravieţuitorii priveau cu fatalism numărul uriaş al victimelor. Dimpotrivă, sentimentul de îndreptăţire e atât de puternic astăzi întările mai bogate, încât s-ar produce un colaps în ordinea socială în momentul în care spitalele ar fi supraaglomerate, lucrătorii a căror activitate este vitală ar sta acasă şi serviciile de sănătate ar fi insuficiente. Acest lucru s-ar putea întâmpla atunci când procentul celor contaminaţi ar ajunge la 1%. Cu toate acestea, mortalitatea ar fi probabil cea mai ridicată în megaoraşele din ţările în curs de dezvoltare.

Pândemiile sunt o ameninţare naturală mereu prezentă, dar este oare pur şi simplu alarmist să atragi atenţia asupra riscurilor umane care pot să provină din zona erorii sau terorii biologice? Din nefericire, nu cred acest lucru. Ştim prea bine că expertiza tehnică nu garantează o raţionalitate echilibrată. Satul global va avea propriii proşti ai satului şi ei vor avea anvergură globală. Răspândirea unui agent patogen lansat artificial nu poate fi prezisă sau controlată; realizarea acestui fapt descurajează folosirea armelor biologice de către guverne sau chiar de grupuri teroriste cu scopuri specifice bine definite (şi de aceea m-am concentrat asupra ameninţărilor nucleare şi cibernetice în secţiunea 1.2). Aşadar, cel mai mare coşmar al meu ar fi existenţa unui individ „singuratic” dezechilibrat, cu expertiză biotehnologică, şi care ar crede, de pildă, că pe planetă sunt prea mulţi

locuitori şi nu i-ar păsa cine sau câţi ar fi infectaţi. Puterea tot mai mare pe care le-o dau biotehnologia şi cibertehnologia grupurilor (sau chiar indivizilor) cu competenţe în materie de tehnologii moderne va ridica o problemă insolubilă pentru guverne şi va agrava tensiunile dintre libertate, spaţiu privat şi securitate. Cel mai probabil, va exista o deplasare societală spre o mai mare intruziune în viaţa privată, (într-adevăr, nepăsarea nesăbuită cu care postăm detalii intime pe Facebook şi consimţământul nostru pentru supravegherea video omniprezentă sugerează că o asemenea deplasare ar întâmpina surprinzător de puţină rezistenţă.)

Eroarea şi teroarea biologice sunt posibile în viitorul apropiat – în zece sau în cincisprezece ani. Iar pe termen lung, ele se vor agrava, pentru că va deveni posibil să „proiectăm" şi să sintetizăm virusuri – arma „perfectă" care ar combina caracterul extrem de letal cu transmisibilitatea unei răceli obişnuite.

Ce progrese ne-ar putea aduce biologii în 2050 şi ulterior? Freeman Dyson preconizează o epocă în care copiii vor proiecta şi crea organisme noi la fel cum generaţia sa se juca cu trusa de chimie7.

Dacă într-o bună zi va deveni posibil să ne „jucăm de-a Dumnezeu pe o masă de bucătărie", ecologia noastră (chiar şi specia noastră) s-ar putea să nu mai rămână mult timp nevătămată. Totuşi, Dyson nu este biolog; este unul dintre fizicienii teoreticieni de frunte ai secolului XX. Dar, spre deosebire de mulţi dintre aceştia, este un gânditor speculativ şi atipic – exprimând deseori o tendinţă contrară. De exemplu, în anii 1950 făcea parte dintr-un grup care explora conceptul speculativ „Proiectul Orion". Scopul grupului era să realizeze călătoria interstelară cu nave spaţiale propulsate de explozia unor bombe cu hidrogen (propulsie prin puls nuclear) plasate în spatele vehiculului (protejat corespunzător). Chiar şi în 2018, Dyson rămâne sceptic în privinţa ideii că schimbarea climatică ar cere un răspuns urgent.

Cercetarea privind îmbătrânirea se bucură de prioritate. Vor creşte treptat beneficiile sale? Este îmbătrânirea o „boală” care poate fi vindecată? Cercetarea serioasă se concentrează asupra telomerilor, sectoare de ADN de la capătul cromozomilor, care se scurtează pe măsură ce oamenii îmbătrânesc. A devenit posibil să se obţină astfel o creştere de zece ori a duratei de viaţă a nematozilor, dar efectul asupra animalelor mai complexe este mai puţin spectaculos. Singura metodă eficientă prin care putem extinde viaţa şobolanilor este să-i supunem unei diete la limita înfometării. Există însă o vieţuitoare respingătoare, şobolanul-cârtiţă golaş, care ar putea să ne dea o lecţie biologică specială: unii dintre ei trăiesc mai bine de treizeci de ani – de câteva ori mai mult decât durata de viaţă a altor mamifere mici.

Orice progres major în prelungirea vieţii oamenilor ar modifica drastic previziunile cu privire la populaţie. Efectele sociale – desigur, imense – ar depinde de prelungirea sau nu a anilor de senilitate şi de creşterea sau nu a vârstei femeilor la menopauză, odată cu creşterea duratei totale de viaţă. Dar, pe măsură ce sistemul endocrin uman este tot mai bine înţeles, diferite tipuri de îmbunătăţire a vieţii prin tratament hormonal ar putea deveni posibile – şi un anumit grad de prelungire a vieţii ar putea fi unul din rezultatele acestor îmbunătăţiri. La fel ca în cazul multor alte dezvoltări tehnologice, cei bogaţi ar avea prioritate. Iar dorinţa de a trăi mai mult este atât de puternică, încât creează o piaţă pentru terapii exotice cu eficacitate netestată. Ambrosia, un start-up lansat în 2016, oferă directorilor din Silicon Valley o transfuzie de „sânge tânăr”. O altă modă recentă a fost metformina, un medicament destinat tratării diabetului, dar despre care se pretinde că ar putea preveni demenţa şi cancerul; alţii proslăvesc beneficiile celulelor placentare. Craig Venter deţine un start-up numit Human Longevity, care a primit o finanţare iniţială de 300 de milioane de dolari. Aceasta merge şi mai departe decât 23 and Me (firma care

analizează genomul nostru suficient de bine pentru a prezenta rezultate interesante despre vulnerabilitatea noastră la anumite boli şi despre ascendenţa noastră). Venter îşi propune să analizeze genomurile a mii de specii de „microbi” din intestinul nostru. Se consideră (şi este foarte plauzibil) că acest „ecosistem” intern ar fi crucial pentru sănătatea noastră.

„Presiunea” din Silicon Valley pentru dobândirea „tinereţii fără bătrâneţe” are la origine nu numai imensul surplus de bogăţie acumulat acolo, ci şi faptul că este un loc cu o cultură bazată pe tinereţe. Cei care au depăşit vârsta de treizeci de ani deja sunt consideraţi că „şi-au trăit traiul”. Futurologul Ray Kurzweil vorbeşte cu înflăcărare despre atingerea unei „viteze de eliberare” metaforice – atunci când medicina avansează atât de repede încât speranţa de viaţă creşte cu mai mult de un an în fiecare an, oferind astfel o nemurire potenţială. Kurzweil înghite peste o sută de suplimente alimentare pe zi, unele obişnuite, altele mai exotice. Dar e îngrijorat că s-ar putea ca „viteza de eliberare” să nu fie atinsă în timpul vieţii lui „naturale”. În consecinţă, doreşte să-i fie criogenat corpul până când vom ajunge la această nirvāṇa.

Am fost intervievat odată de un grup de fani ai criogeniei, din California, numit „societatea pentru abolirea morţii involuntare”. Le-am spus că aş prefera să-mi sfârşesc zilele într-un cimitir englezesc, nu într-un frigider californian. M-au persiflat ca pe un „mortist” demodat. Mai târziu, am aflat cu surprindere că trei profesori universitari din Anglia (mă bucur să pot spune că nu de la universitatea mea) s-au înscris pentru criogenare. Doi au plătit pachetul complet, al treilea a ales opţiunea cu preţ redus numai pentru îngheţarea capului. Contractul l-au făcut cu o companie numită Alcor din Scottsdale, Arizona. Aceşti colegi sunt suficient de realişti ca să accepte că şansele de înviere ar putea să fie mici, dar remarcă, de asemenea, că fără această investiţie, şansele sunt zero. Aşa că poartă un medalion care conţine

instrucţiuni despre cum să fie îngheţaţi imediat ce vor muri, iar sângele să le fie înlocuit cu azot lichid.

E greu pentru cei mai mulţi dintre noi, ca simpli muritori, să luăm această aspiraţie în serios; mai mult, chiar dacă criogenia ar avea o perspectivă reală de succes, tot nu cred că ar fi o soluţie atât de minunată. Dacă Alcor nu va da faliment şi va menţine refrigerarea şi îngrijirea cadavrelor câte secole va fi nevoie, acestea vor fi reanimate într-o lume în care ele ar fi străine – nişte refugiaţi din trecut. Poate că cei readuşi la viaţă vor fi trataţi cu indulgenţă, aşa cum simţim că ar trebui să-i tratăm (de pildă) pe imigranţii disperaţi care cer azil sau pe membrii triburilor amazoniene care au fost evacuaţi din habitatul lor familiar. Dar diferenţa e că „leşurile reîncălzite" ar împovăra cu bună ştiinţă generaţiile viitoare, astfel încât nu e clar cât de multă consideraţie ar merita. Faptul ne aminteşte de o dilemă similară care s-ar putea să nu fie chiar SF, deşi ar trebui să rămână aşa: donarea unui om de Neanderthal. Unul dintre experţi (un profesor de la Stanford) a întrebat: „Oare l-am duce într-o grădină zoologică sau l-am trimite la Harvard?"

2.2. libertehnologie, robotică şi IA

Celulele, virusurile şi alte microstructuri biologice sunt în esenţa lor nişte „maşini" cu componente la scară moleculară – proteine, ribozomi ş.a.m.d. Progresele spectaculoase pe care le fac calculatoarele se datorează abilităţii tot mai accelerate de a produce componente electronice la scară nano – ceea ce permite obţinerea unor structuri de o complexitate de nivel aproape biologic numite procesoare, care fac să funcţioneze telefoanele inteligente, roboţii şi reţelele de calculatoare.

Datorită acestor progrese înnoitoare, internetul şi aplicaţiile sale au creat cea mai rapidă „penetrare" a noilor tehnologii din istorie – şi cea mai globală. Răspândirea lor în Africa şi China a avut loc mai repede decât au estimat mai toate previziunile „experte". Vieţile noastre s-au transformat datorită bunurilor electronice de consum şi

serviciilor Online, care au devenit accesibile miliardelor de indivizi. Iar impactul asupra ţărilor în curs de dezvoltare este emblematic pentru modul în care ştiinţa aplicată corespunzător poate transforma regiunile sărace. Internetul de bandă largă, care în curând va acoperi întreaga planetă prin sateliţi cu orbită joasă, baloane de mare altitudine sau drone alimentate cu energie solară, ar trebui să stimuleze în continuare educaţia şi adoptarea unui sistem de sănătate eficient, a unor metode agricole şi a unei tehnologii moderne; chiar şi cei mai săraci ar putea să facă astfel saltul la o economie conectată în permanenţă cu lumea şi să se bucure de mediile de socializare online – cu toate că multora dintre aceştia le sunt refuzate în continuare beneficiile unor progrese tehnologice din secolul al XIX-lea, precum serviciile de salubritate adecvate. Locuitorii din Africa pot folosi smartphone-ul ca să acceseze informaţii cu privire la piaţă, să facă plăţi online etc.; China are cel mai automatizat sistem financiar din lume. Asemenea evoluţii aduc un „surplus de consumatori" şi generează iniţiativă şi optimism în ţările în curs de dezvoltare. Iar beneficiile au fost amplificate de acele programe eficiente care îşi propun să elimine unele boli infecţioase, precum malaria. Conform Pew Research Center, 82% dintre chinezi şi 76% dintre indieni consideră că le va fi mai bine copiilor lor decât le este lor astăzi.

Indienii au acum un cârd de identitate electronic care le facilitează accesul la asistenţa socială. Cârdul nu are nevoie de parolă. Modelul vaselor sangvine din ochii noştri permite folosirea unui soft de „recunoaştere a irisului" – o îmbunătăţire substanţială faţă de recunoaşterea amprentelor sau a feţei. Sistemul e suficient de precis pentru a identifica fără ambiguitate 1, 3 miliarde de indieni. Şi e doar o mostră a beneficiilor care pot rezulta din progresele viitoare în domeniul IA.

Recunoaşterea vocală, cea facială şi aplicaţiile similare folosesc o tehnică numită învăţare automată generalizată. Aceasta operează într-un mod similar celui în

care oamenii îşi folosesc ochii. Partea „vizuală” a creierului omenesc integrează informaţia primită de la retină printr-un proces desfăşurat în mai multe etape. Straturi succesive de procesare identifică liniile orizontale şi verticale, muchiile ascuţite ş.a.m.d.; fiecare strat procesează informaţia de la un strat „inferior” şi transmite apoi rezultatul celelaltor straturi8.

Conceptele fundamentale ale învăţării automate datează din anii 1980; un important precursor a fost anglo-canadianul Geoff Hinton. Dar aplicaţiile au luat avânt cu adevărat abia două decenii mai târziu, când acţiunea constantă a legii lui Moore – dublarea vitezei calculatoarelor la fiecare doi ani – a condus la maşini cu viteză de procesare de o mie de ori mai mare. Calculatoarele folosesc metodele „forţei brute”. Ele învaţă să traducă citind milioane de pagini de (bunăoară) documente ale Uniunii Europene în mai multe limbi (nu se plictisesc niciodată!). Ele învaţă să identifice câini, pisici şi feţe omeneşti procesând milioane de imagini văzute din perspective diferite.

Progrese incitante au fost anunţate de Deep Mind, o companie din Londra deţinută acum de Google. Cofondatorul şi directorul-general al Deep Mind, Demis Hassabis, a avut o carieră precoce. La treisprezece ani, s-a clasat al doilea la campionatul mondial de şah la categoria sa. A fost admis la Cambridge la vârsta de cincisprezece ani, dar a amânat să urmeze cursurile facultăţii vreme de doi ani, timp în care a lucrat la crearea unor jocuri pe calculator: printre acestea, s-a numărat şi Theme Park, care s-a bucurat de un enorm succes. După ce a studiat informatica la Cambridge, a iniţiat o companie de jocuri pe calculator. Apoi s-a întors în mediul academic şi şi-a dat doctoratul la University College din Londra, urmat de o cercetare postdoctorală din domeniul neuroştiinţelor cognitive. A studiat caracterul memoriei episodice şi simularea grupurilor de celule cerebrale umane în maşinile de reţele neuronale.

În 2016, Deep Mind a realizat o performanţă remarcabilă – computerul său l-a învins pe campionul mondial la go. Această victorie ar putea să nu pară „mare scofală”, pentru că au trecut mai bine de douăzeci de ani de când supercomputerul IBM Deep Blue l-a învins pe Garri Kasparov, campionul mondial la şah. Dar a fost o „schimbare a jocului” şi în sens colocvial, şi în sens literal. Deep Blue fusese programat de jucători experţi. Dimpotrivă, maşina Alpha Go şi-a dobândit expertiza înglobând un număr imens de jocuri şi jucând de una singură. Creatorii săi nu ştiu cum ia deciziile maşina. Iar în 2017 Alpha Go Zero a mai făcut un pas: i s-au dat doar regulile – fără niciun joc propriu-zis – şi ea a învăţat totul pornind de la zero, devenind un jucător de talie mondială într-o singură zi. Acest fapt e uimitor. Articolul ştiinţific care descrie această performanţă se încheia cu observaţia că omenirea şi-a acumulat cunoştinţele despre go din milioanele de partide jucate de-a lungul a mii de ani, tezaurizate în modele, proverbe şi cărţi. În decursul a doar câteva zile, pornind de la stadiul de *tabula rasa*, Alpha Go Zero a fost capabilă să redescopere o mare parte a acestor cunoştinţe despre go, dar şi strategii novatoare care oferă o nouă perspectivă asupra celui mai vechi dintre jocurile lumii9.

Folosind tehnici similare, maşina a atins o competenţă şahistică de nivelul lui Kasparov în câteva ore, fără aportul unui expert, şi o măiestrie similară în jocul japonez shogi. Un computer de la Universitatea Carnegie Mellon a învăţat să joace la cacealma şi să calculeze la fel de bine ca jucătorii profesionişti de poker de top. Dar însuşi Kasparov subliniase că, în jocuri precum şahul, oamenii oferă o „plusvaloare” distinctivă şi că, în combinaţie, o persoană şi o maşină pot depăşi ceea ce poate realiza fiecare separat.

IA îşi justifică avantajul faţă de oameni prin capacitatea sa de a analiza mari cantităţi de date, de a le manipula rapid şi de a răspunde unor instrucţiuni

complexe. Excelează în optimizarea reţelelor complicate, precum reţeaua electrică sau traficul urban. Când administrarea energiei în cazul marilor sale bănci de date a fost încredinţată unei maşini, Google a susţinut că a scăzut consumul de energie cu 40%. Dar unele limitări încă mai persistă. Hardware-ul pe care se baza Alpha Go consuma sute de kilowaţi. În schimb, creierul lui Lee Sedol, adversarul coreean al computerului Alpha Go, consumă cam treizeci de waţi (cât un bec) şi poate face multe alte lucruri, nu doar să joace go.

Tehnologia senzorilor, recunoaşterea vorbirii, căutarea informaţiilor ş.a.m.d. avansează rapid. La fel (chiar dacă cu o întârziere substanţială) şi dexteritatea fizică. Roboţii încă sunt mai neîndemânatici decât copiii la mutarea pieselor pe o tablă de joc sau la legarea şireturilor ori tăierea unghiilor de la picioare. Dar şi aici constatăm un progres, în 2017, Boston Dynamics a prezentat un robot cu o înfăţişare fioroasă numit Handle (un succesor ăl mai vechiului robot cu patru picioare Big Dog), cu roţi, dar şi cu două picioare, care era suficient de agil încât să facă salturi pe spate. Va mai trece însă multă vreme până când maşinile vor surclasa gimnaştii umani – sau vor interacţiona cu lumea reală cu agilitatea maimuţelor şi veveriţelor care sar din copac în copac; ori, măcar, vor ajunge la versatilitatea comună a oamenilor.

Învăţarea automată, înlesnită de puterea de calcul mereu în creştere a computerelor, e o descoperire care s-ar putea dovedi prodigioasă. Ea permite maşinilor să dobândească expertiză – nu doar în jocuri, dar şi în recunoaşterea facială, traducerea dintr-o limbă în alta, administrarea reţelelor ş.a.m.d. – fără a fi programate în detaliu.

Dar implicaţiile pentru societatea omenească sunt ambivalenţe. Niciun „operator” nu ştie exact cum ia o maşină decizii. Dacă se iveşte vreo „hibă” în programarea unui sistem IA, identificarea ei nu este întotdeauna posibilă în prezent; acest fapt ar putea trezi îngrijorarea

tuturor, mai ales dacă „deciziile” sistemului pot avea consecinţe grave pentru indivizi. Dacă suntem condamnaţi la închisoare, dacă ni se recomandă o intervenţie chirurgicală sau primim o evaluare modestă pentru un credit, ne-am aştepta ca motivele să ne fie accesibile – şi virtual contestabile. Însă dacă asemenea decizii ar fi în întregime delegate unui algoritm, am fi îndreptăţiţi să ne simţim neliniştiţi, chiar dacă ni s-ar prezenta dovezi convingătoare că, în medie, maşinile iau decizii mai bune decât oamenii pe care i-au uzurpat.

Integrarea sistemelor IA are impact asupra vieţii cotidiene – şi va deveni tot mai intruzivă şi generalizată. Înregistrarea tuturor acţiunilor noastre, a interacţiunilor cu ceilalţi, a sănătăţii noastre, a tranzacţiilor noastre financiare va fi în „două”, administrată de un cvasimonopol multinaţional. Datele ar putea fi folosite în scopuri benefice (de pildă, pentru cercetarea medicală sau pentru a fi avertizaţi despre riscurile incipiente cu privire la sănătate), dar disponibilitatea lor pentru companiile de internet înclină deja balanţa puterii dinspre guverne spre lumea comercială. Într-adevăr, angajatorii îi pot monitoriza acum pe angajaţi mult mai draconic decât cei mai tiranici sau „obsedaţi de control” şefi tradiţionali. Vor exista şi alte preocupări legate de spaţiul privat. Cum v-ar plăcea dacă un necunoscut aflat alături la un restaurant sau într-un mijloc de transport în comun ar putea, prin recunoaştere facială, să vă identifice şi să pătrundă apoi în intimitatea dumneavoastră? Sau dacă nişte videodipuri „false” cu dumneavoastră ar deveni atât de convingătoare încât realitatea vizuală nu ar mai prezenta nicio încredere?

2.3. Ce se va întâmpla cu locurile de muncă?

Tipicul vieţilor noastre – modul cum accesăm informaţia, divertismentul şi reţelele sociale – s-a schimbat deja într-o măsură pe care cu greu am fi putut să ne-o imaginăm acum douăzeci de ani. Mai mult, IA este doar într-un „stadiu infantil” comparativ cu ceea ce aşteaptă susţinătorii săi să se întâmple în deceniile următoare. Cu

siguranţă, vor exista schimbări drastice în caracterul muncii, care nu numai că ne furnizează un venit, dar ne şi ajută să dăm un sens vieţii şi comunităţii noastre. Aşadar, întrebarea socioeconomică fundamentală e următoarea: Va produce această „nouă epocă a maşinilor" la fel de multe perturbaţii ca şi tehnologiile anterioare – calea ferată sau electrificarea, de exemplu – şi va crea la fel de multe locuri de muncă pe câte va distruge? Sau, de data aceasta, va fi cu totul altfel?

În ultimul deceniu, salariile reale ale lucrătorilor necalificaţi din Europa şi America de Nord au scăzut. Acelaşi lucru se poate spune şi despre siguranţa locurilor de muncă. Totuşi, un factor compensator ne-a adus tuturor o bunăstare subiectivă sporită: surplusul de consum oferit de o lume digitală tot mai extinsă. Telefoanele inteligente şi laptopurile s-au îmbunătăţit semnificativ. Apreciez accesul la internet mult mai mult decât faptul de a poseda un autovehicul, plus că e cu mult mai ieftin.

Evident, maşinile vor prelua o mare parte din activitatea de producţie şi comerţ cu amănuntul. Ele pot înlocui multe slujbe rezervate „gulerelor albe": activitatea juridică de rutină (cum ar fi notariatul), contabilitatea, programarea calculatoarelor, diagnosticarea medicală şi chiar chirurgia. Competenţele greu dobândite ale multor „profesionişti" vor fi tot mai puţin căutate. Dimpotrivă, câteva dintre meseriile care necesită abilităţi din sectorul serviciilor – precum cele de instalator sau de grădinar, de exemplu – presupun interacţiuni lipsite de rutină cu lumea exterioară şi vor putea fi automatizate cu mare dificultate. Ca să luăm un exemplu mult discutat, cât de vulnerabile sunt slujbele celor trei milioane de şoferi de camion din SUA?

Vehiculele care se conduc singure ar putea fi acceptate rapid în acele zone limitate unde drumurile vor fi rezervate doar lor – în anumite zone din centrele oraşelor sau, poate, pe piste speciale de pe autostrăzi. Există potenţial şi pentru folosirea maşinilor fără şofer în

ferme şi la recoltare, acestea operând în afara drumurilor. Mai puţin clar este însă dacă aceste vehicule vor putea opera vreodată în siguranţă atunci când sunt confruntate cu toate complexităţile şofatului de rutină – să circule pe drumuri înguste şi sinuoase sau să circule pe străzile oraşelor laolaltă cu vehicule conduse de oameni, biciclete şi pietoni. Cred că mulţi se vor opune în acest din urmă caz.

Pot fi maşinile complet autonome mai sigure decât maşinile cu şofer uman? Dacă un obiect blochează drumul în faţa lor, ar putea ele deosebi oare între o pungă de hârtie şi un câine sau un copil? Se afirmă că nu o pot face în mod infailibil, dar că se vor descurca mai bine decât un şofer uman mediu. Să fie adevărat? Uniiar spune că da. Dacă maşinile vor fi conectate wireless între ele, vor învăţa mai rapid prin împărtăşirea experienţelor.

Pe de altă parte, n-ar trebui să uităm că fiecare inovaţie e riscantă iniţial – să ne gândim la vremurile de început ale căilor ferate sau la efectuarea în premieră a unor intervenţii chirurgicale devenite azi banale. Referitor la siguranţa drumurilor, să dăm câteva cifre din Marea Britanie. În 1930, când existau doar un milion de vehicule pe drumuri, au fost mai mult de 7.000 de victime; în 2017, au fost în jur de 1.700 de victime – de patru ori mai puţine, chiar dacă azi sunt de circa treizeci de ori mai multe vehicule pe drumuri decât erau în 193010. Tendinţa se datorează parţial drumurilor mai bune, dar mai ales maşinilor mai sigure şi, în ultimii ani, sistemelor GPS şi altor dispozitive electronice. Această tendinţă va continua, făcând şofatul mai sigur şi mai uşor. Însă vehiculele complet automatizate care vor participa la traficul mixt pe drumurile obişnuite ar constitui o schimbare radicală. Suntem îndreptăţiţi să fim sceptici cu privire la posibilitatea şi acceptabilitatea acestei tranziţii.

S-ar putea să mai treacă mult timp până când şoferii de camioane şi de autoturisme vor deveni de prisos. Ca o paralelă, gândiţi-vă la ceea ce se întâmplă în aviaţia civilă.

Cu toate că să călătoreşti pe calea aerului era odinioară periculos, acum este incredibil de sigur. În 2017, în întreaga lume n-a existat nici măcar o singură victimă pe vreun zbor de pasageri programat. Cea mai mare parte a zborului este efectuată pe pilot automat, pilotul real fiind necesar doar pentru urgenţe. Există însă teama că el ar putea să nu fie vigilent în momentele-cheie. Prăbuşirea în 2009, în Atlanticul de Sud, a unui avion Air France care zbura de la Rio de Janeiro la Paris, arată cum lucrurile pot lua o întorsătură proastă: piloţii au aşteptat prea mult pentru a relua controlul atunci când a apărut o urgenţă şi, din greşeală, au agravat problema. Pe de altă parte, piloţii sinucigaşi au produs accidente catastrofice pe care niciun pilot automat nu le-a putut preveni. Vor fi vreodată oamenii pregătiţi pentru îmbarcarea pe un avion fără niciun pilot? Mă îndoiesc. Dar avioanele fără pilot ar putea fi acceptate pentru transportul aerian de mărfuri. Dronele de livrare au şi ele un viitor promiţător; de altfel, în Singapore, s-au întocmit planuri de a înlocui vehiculele de livrare de la sol cu drone care să zboare pe deasupra străzilor. Dar, chiar şi în cazul acestora, suntem prea relaxaţi în legătură cu riscul coliziunilor, mai ales dacă acestea se răspândesc. Nici erorile de programare şi atacurile cibernetice nu pot fi excluse pentru maşinile obişnuite. Vedem deja cât de vulnerabile sunt la atacurile hackerilor soiturile şi sistemele de securitate tot mai sofisticate ale automobilelor. Putem proteja oare cu certitudine frânele şi volanele împotriva hackerilor?

Un beneficiu deseori menţionat al maşinilor fără şofer e că nu vor fi proprietate privată, ci, mai degrabă, vor fi închiriate şi folosite în comun. Astfel s-ar putea reduce spaţiul de parcare din oraşe, estompând limita dintre transportul public şi cel privat. Nu este clar însă cât de departe se va merge – dacă dorinţa de a poseda un automobil propriu va dispărea cu adevărat. Dacă vehiculele fără şofer vor deveni o modă, ele vor promova călătoria pe drumuri în dauna tradiţionalei călătorii pe

şine. Mulţi europeni preferă să ia trenul pentru o călătorie de 350 de kilometri: este mai puţin stresant decât şofatul şi oferă timp pentru muncă sau lectură. Dar dacă am avea un „şofer electronic” în care să putem avea încredere pe toată durata călătoriei, mulţi dintre noi ar prefera să călătorească cu maşina şi să fie duşi de acasă direct la destinaţie şi invers. Acest lucru ar reduce cererea pentru rutele de tren pe mare distanţă, dar, în acelaşi timp, ar da un imbold pentru inventarea unor noi forme de transport, precum trenurile de tip hyperloop. Dar şi mai benefice ar fi, desigur, nişte telecomunicaţii de nivel calitativ înalt care să elimine necesitatea celor mai multe dintre călătoriile în interes de serviciu.

Revoluţia digitală generează o enormă bogăţie pentru o elită de inventatori şi pentru companiile globale, dar menţinerea unei societăţi prospere va impune redistribuirea acestei bogăţii. A fost pusă în discuţie folosirea ei pentru a furniza un venit universal. Obstacolele în calea implementării acestei idei sunt bine-cunoscute, iar dezavantajele societate pot intimida. Ar fi mult mai bine să subvenţionăm acele locuri de muncă pentru care există în prezent o mare cerere nesatisfăcută şi pentru care remuneraţia şi statutul sunt nejustificat de scăzute.

Este suficient să observăm (uneori cu stupoare) cum cheltuie cei care nu se confruntă cu constrângerile financiare. Cei bogaţi apreciază serviciile private: ei îşi angajează instructori personali, dădace şi majordomi. Când îmbătrânesc, angajează infirmieri. Criteriul pentru o guvernare progresistă ar trebui să fie acela de a oferi fiecăruia genul de sprijin preferat de cei care o duc bine – cei care au acum cea mai mare libertate de alegere. Pentru a crea o societate omenoasă, guvernele vor trebui să sporească mult numărul şi să amelioreze mult statutul celor care îndeplinesc roluri de îngrijitor; la ora actuală, ei sunt mult prea puţini şi chiar şi în ţările înstărite sunt plătiţi prost şi au poziţii nesigure. (Ce-i drept, roboţii pot prelua unele aspecte ale îngrijirii de rutină – şi ni s-ar

putea părea mai puţin jenant ca un robot să se ocupe de spălat, de gătit sau să facă patul. Dar cei care îşi permit aşa ceva, îşi doresc şi grija unor fiinţe omeneşti reale.) Există şi alte slujbe care ne-ar îmbunătăţi viaţa şi ar putea furniza locuri de muncă pentru mult mai mulţi oameni – bunăoară, cele de grădinar în parcurile publice, de custode ş.a.m.d.

Nu doar persoanele de vârstă foarte fragedă sau cele foarte bătrâne au nevoie de sprijin. Astăzi, când numeroase probleme, inclusiv interacţiunea cu guvernul, se rezolvă cu ajutorul internetului, ar trebui să ne facem griji, de pildă, pentru o persoană cu dizabilităţi care locuieşte singură şi are nevoie de acces online pentru a-şi revendica drepturile sociale sau a-şi comanda alimentele de bază. Gândiţi-vă câtă anxietate şi frustrare resimte dacă nu o poate face. Asemenea persoane vor duce un trai normal numai dacă vor exista îngrijitori cu cunoştinţe de operare pe calculator care să le ajute să se descurce, să se asigure că pot fi ajutate şi că nu se vor simţi dezavantajate. În caz contrar, cei „vitregiţi din punct de vedere digital" vor deveni o nouă „clasă de jos".

Ne simţim mai bine atunci când putem îndeplini cu toţii o activitate utilă din punct de vedere social decât atunci când avem o sinecură. Cu toate acestea, săptămâna obişnuită de lucru ar putea fi scurtată – chiar sub cea de 35 de ore din Franţa. Cei pentru care munca este intrinsec o sursă de satisfacţie sunt atipici şi deosebit de norocoşi. Cei mai mulţi ar fi încântaţi să aibă zile de muncă mai scurte, ceea ce le-ar oferi mai mult timp liber pentru divertisment, socializare sau participarea la ritualuri colective – fie ele religioase, culturale sau sportive.

Se va produce şi o renaştere a artelor şi meseriilor. Am asistat la apariţia „bucătarilor celebri" – chiar şi a coaforilor celebri. Şi alte meserii vor căpăta anvergură, iar reprezentanţii lor cei mai talentaţi vor fi mai respectaţi. Din nou, cei bogaţi, care au cea mai mare libertate de alegere, cheltuie din plin pentru a patrona asemenea

activităţi bazate în special pe muncă.

Declinul muncii de rutină şi al carierei pe viaţă va stimula „învăţarea continuă” pe tot parcursul vieţii. Educaţia formală, bazată pe predarea în săli de clasă sau de curs, este probabil cel mai sclerozat sector al societăţii din lumea întreagă. Învăţarea la distanţă prin cursuri Online s-ar putea să nu înlocuiască niciodată experienţa frecventării unui colegiu rezidenţial care oferă consiliere şi instruire, dar va deveni un substitut mai eficient din punctul de vedere al costului şi un înlocuitor mai flexibil pentru tipica „universitate populară”. Există un potenţial nelimitat pentru modelul introdus de Open University în Marea Britanie, model care este acum larg răspândit prin intermediul unor organizaţii americane precum Courseră şi edX, unde universitari de top oferă conţinut pentru cursuri Online. Profesorii care fac acest lucru cel mai bine pot deveni staruri mondiale online. Aceste cursuri vor fi îmbunătăţite prin personalizarea pe care IA va fi tot mai în măsură să o ofere. Cei care au ajuns oameni de ştiinţă atribuie deseori motivaţia lor iniţială învăţării de pe net sau din mass-media, nu educaţiei din şcoală.

Stilul de viaţă pe care o lume tot mai automatizată îl oferă pare benefic – dacă nu chiar seducător – şi, în principiu, ar putea încuraja obţinerea unui nivel de satisfacţie în viaţă asemănător celui scandinav, atât în Europa, cât şi America de Nord. În orice caz, scandinavii sunt naţiuni privilegiate care astăzi sunt mult mai puţin izolate în raport cu regiunile dezavantajate ale lumii. Dacă inegalitatea dintre ţări nu va fi redusă, frustrarea şi instabilitatea vor deveni mult mai acute, pentru că săracii lumii sunt astăzi, prin IT şi mass-media, mult mai conştienţi de lipsurile cu care se confruntă. Progresul tehnic ar putea amplifica revoltele internaţionale. Mai mult, dacă robotica va face ca fabricarea bunurilor pe propriul teritoriu să devină viabilă economic pentru ţările bogate, stimulul tranzitoriu, dar esenţial în ceea ce priveşte dezvoltarea pe care „tigrii” din Orientul

îndepărtat l-au primit datorită costului muncii mult redus faţă de Occident le va fi refuzat naţiunilor încă sărace din Africa şi Orientul Mijlociu, astfel încât inegalităţile se vor adânci tot mai mult.

De asemenea, s-a schimbat natura emigraţiei. Acum o sută de ani, decizia unui european sau a unui asiatic de a pleca în America de Nord sau în Australia impunea ruperea legăturilor cu cultura sa indigenă şi cu familia extinsă. Prin urmare, exista un imbold pentru integrarea în noua societate. În schimb, convorbirile video zilnice şi contactele prin reţelele de socializare le permit acum imigranţilor, dacă îşi doresc, să rămână încorporaţi în cultura patriei lor, iar călătoriile intercontinentale accesibile pot facilita menţinerea contactelor personale.

Loialităţile şi diviziunile naţionale şi religioase vor persista (sau vor fi chiar întărite de „camerele de ecou" de pe internet), în pofida mobilităţii sporite şi a sentimentalismului scăzut legat de ideea de „loc". Numărul nomazilor lumii tehnocratice va creşte. Cei pauperizaţi vor considera că singura lor speranţă e „să ia urma banilor" – migrând legal sau ilegal. Tensiunile internaţionale se vor acutiza.

Dacă există, într-adevăr, un risc tot mai mare de declanşare a unor conflicte ideologice sau datorate inegalităţii considerate injuste, el va fi agravat de impactul noilor tehnologii asupra acţiunilor militare şi a terorismului. Cel puţin în ultimul deceniu, am văzut reportaje TV cu drone sau rachete care atacă ţinte din Orientul Mijlociu. Ele sunt controlate din buncăre situate în SUA – de indivizi care se află mult mai departe de consecinţele acţiunilor lor decât echipajele avioanelor ce efectuează raiduri de bombardament. Dezgustul etic pe care îl generează acest fapt e cumva diminuat de declaraţiile potrivit cărora a lovi ţinta cu o mare precizie înseamnă a reduce victimele colaterale. Dar, în acest caz, măcar există o persoană informată care decide când şi ce anume să atace. În schimb, există astăzi posibilitatea

folosirii unor arme autonome care pot căuta singure o ţintă folosind recunoaşterea facială pentru a identifica indivizi şi a-i ucide. Acest fapt ar fi un precursor al „războiului automatizat” – o evoluţie care naşte mari îngrijorări. Posibilităţile pe termen scurt includ mitraliere automate, drone şi vehicule blindate sau submarine care pot să identifice ţinte, să decidă dacă trebuie deschis focul şi să înveţe din mers.

Ideea „roboţilor ucigaşi” stârneşte nelinişti tot mai mari. În august 2017, directorii a o sută de companii de vârf din acest domeniu au semnat o scrisoare deschisă prin care cereau Naţiunilor Unite să scoată în afara legii „armele autonome letale”, la fel cum convenţiile internaţionale împiedică folosirea armelor chimice şi biologice11. Semnatarii avertizează asupra unui câmp de bătălie electronic „la o scară mai mare ca niciodată şi implicând viteze ce depăşesc puterea de înţelegere a oamenilor”. Rămâne neclar cât de eficient ar fi un asemenea tratat. La fel ca în cazul armelor biologice, naţiunile ar putea urmări aceste tehnologii din motive pretins „defensive” şi din temerea că alte naţiuni fără scrupule sau grupările extremiste nu vor ezita să exploateze astfel de progrese militare.

Acestea sunt preocupările pe termen scurt, în cazul cărora tehnologiile-cheie au fost deja lămurite. Dar să privim acum ceva mai departe.

2.4. Inteligenţă de nivel uman?

Scenariile discutate în secţiunea anterioară se referă la viitorul nostru apropiat, astfel încât trebuie să ne facem planuri legate de ele şi să ne adaptăm lor. Cum stau însă lucrurile cu previziunile pe termen lung? Acestea sunt mai obscure şi experţii nu au ajuns la un consens cu privire la viteza progreselor în materie de inteligenţă a maşinilor – sau chiar cu privire la limitele potenţiale ale IA. Pare plauzibil că o inteligenţă artificială conectată la internet ar putea „da lovitura” la bursă, analizând un volum extrem de mare de date mult mai rapid decât o poate face orice

individ. Până la un anumit punct, asta şi fac deja fondurile de investiţii de tip hedge cantitative. Dar pentru interacţiunile cu semenii sau chiar cu mediul complex şi atât de variat cu care se confruntă un vehicul fără şofer pe un drum public, puterea de procesare nu este suficientă;

computerele de bord ar avea nevoie de senzori care să le permită să vadă şi să audă la fel de bine ca oamenii şi de un software care să proceseze şi să interpreteze datele primite de la senzori.

Dar nici măcar aşa nu ar fi suficient. Calculatoarele „învaţă" dintr-un „set de instruire" cuprinzând activităţi similare, în care succesul este imediat „recompensat" şi consolidat. Computerele pentru jocuri rulează milioane de jocuri; cele care interpretează fotografii devin experte studiind milioane de imagini; pentru ca maşinile fără şofer să ajungă la o expertiză similară, ar trebui să comunice una cu cealaltă, pentru a-şi împărtăşi şi actualiza cunoştinţele. Dar ca să înveţi despre comportamentul uman trebuie să observi oameni reali în locuinţele lor sau la locurile lor reale de muncă. Maşina s-ar simţi vitregită din punct de vedere senzorial de lentoarea vieţii reale şi ar fi derutată. Ca să-l citez pe Stuart Russel, un teoretician de primă importanţă al IA, „o maşină ar putea să încerce tot felul de lucruri: să facă ouă jumări, să stivuiască lemne, să mestece cabluri, să-şi bage degetele în prize. Dar nimic n-ar da computerului ei un feedback suficient de puternic încât să o convingă că e pe drumul cel bun şi să o conducă spre următoarea acţiune necesară" 12.

Doar când această barieră va putea fi depăşită inteligenţele artificiale vor fi cu adevărat percepute ca fiinţe inteligente, cu care putem relaţiona, fie şi în anumite privinţe, la fel cum o facem cu ceilalţi oameni. Iar „gândurile" şi reacţiile lor mult mai rapide le-ar putea avantaja faţă de noi.

Unii oameni de ştiinţă se tem de potenţială „independenţă mentală" a calculatoarelor, care le-ar putea face să urmărească scopuri ostile omenirii. Ar rămâne

docilă o IA puternică din viitor sau „s-ar ticăloşi”? Ar înţelege scopurile şi motivele oamenilor şi s-ar conforma lor? Ar deprinde destulă etică şi „bun-simţ” încât „să ştie” când acestea ar trebui să aibă prioritate faţă de celelalte motivaţii ale ei? Dacă s-ar putea infiltra pe internet, ar putea manipula restul lumii. Ea ar putea să aibă scopuri contrare dorinţelor comunităţilor sau chiar să trateze oamenii ca pe nişte obstacole. LA trebuie să aibă un „scop”, dar lucrul cu adevărat dificil este să-i insufli „bun-simţ”. IA ar trebui să nu-şi urmărească obsesiv scopul şi să fie pregătită mai curând să-şi sisteze eforturile decât să încalce normele etice.

Calculatoarele vor spori enorm abilităţile matematice, poate chiar şi creativitatea. Deja telefoanele noastre inteligente ne scutesc de memorarea unor chestiuni de rutină şi oferă acces aproape instantaneu la informaţia globală. În curând, traducerea dintr-o limbă în alta va fi o operaţie obişnuită. Următorul pas ar putea fi să ne „ataşăm” o memorie suplimentară sau să dobândim abilităţi lingvistice prin introducerea directă a informaţiilor în creier – dar încă nu ştim cât de fezabil este acest lucru. Dacă ne-am putea „extinde” creierul cu implanturi electronice, am putea fi în măsură să ne descărcăm gândurile şi amintirile într-o maşină. Dacă tendinţele tehnice din prezent vor continua fără să întâmpine vreo piedică, atunci unii dintre cei aflaţi astăzi în viaţă ar putea atinge nemurirea – cel puţin în sensul limitat că gândurile şi amintirile lor descărcate într-o maşină ar putea avea o durată de viaţă independentă de corpurile lor reale. Cei care caută o astfel de viaţă eternă vor „trece dincolo”, ca să folosim modul de exprimare spiritualist din vechime.

Ne confruntăm astfel cu clasica problemă filosofică a identităţii personale. Dacă creierul tău ar fi descărcat într-o maşină, în ce sens ai mai fi „tu însuţi”? Ar trebui să te simţi bine în propriul tău corp care urmează să fie distrus? Ce s-ar întâmpla dacă s-ar face câteva „clone” ale tale? Şi sunt stimulii la care sunt supuse organele noastre de simţ

şi interacţiunile fizice cu lumea exterioară reală atât de importanţi pentru fiinţa noastră încât o asemenea evoluţie să fie nu doar oribilă, ci şi imposibilă? Toate acestea sunt străvechi enigme pentru filosofi, dar eticienii aplicaţi ar putea fi obligaţi să se confrunte cu ele cât de curând, pentru că e foarte posibil să fie considerate importante pentru alegerile pe care omenirea le va face în acest secol.

Referitor la aceste speculaţii post-2050, nu ştim care e limita dintre ceea ce se poate întâmpla cu adevărat şi ceea ce va rămâne doar SF – aşa cum nu ştim dacă să luăm în serios viziunea lui Freeman Dyson despre biohackingul practicat de copii. Există opinii extrem de diferite. Unii experţi, de pildă Stuart Russel de la Berkeley şi Demis Hassabis de la Deep Mind, cred că domeniul IA, ca şi biotehnologia sintetică, are deja nevoie de directive pentru o „inovaţie responsabilă”. Mai mult, faptul că Alpha Go a atins un obiectiv despre care creatorii săi credeau că-l va realiza în mult mai mulţi ani, i-a făcut pe cei de la Deep Mind să fie şi mai optimişti în legătură cu viteza progresului. Alţii însă, precum roboticianul Rodney Brooks (creatorul robotului Baxter şi al aspiratorului Roomba), cred că aceste preocupări sunt prea departe de a se materializa ca să ne neliniştim din cauza lor – pe aceştia îi îngrijorează nu atât inteligenţa artificială, cât prostia reală. Companii ca Google, lucrând îndeaproape cu universităţile şi guvernele, conduc în cercetarea privind IA. Aceste sectoare îşi unesc astăzi vocile pentru a sublinia necesitatea de a promova o IA „puternică şi benefică”, dar s-ar putea să apară şi unele tensiuni atunci când IA va trece de la stadiul de cercetare şi dezvoltare la cel în care va deveni o sursă de profit potenţial imensă pentru companiile globale.

Dar oare chiar contează dacă sistemele de IA au gânduri conştiente în sensul în care le au oamenii? Din perspectiva pionierului informaticii Edsger Dijkstra, aceasta nu este o problemă: „Întrebarea dacă maşinile pot gândi e cam la fel de relevantă ca şi întrebarea dacă

submarinele pot înota”. Şi o balenă, şi un submarin înaintează prin apă, dar o fac în moduri fundamental diferite. Pentru mulţi este însă foarte important dacă maşinile inteligente au conştiinţă de sine. Într-un scenariu (vezi secţiunea 3.5) în care evoluţia viitoare e dominată de entităţi care sunt electronice, în loc să aibă hardware-ul „umed” pe care îl avem noi în cutia craniană, ar fi deprimant dacă am fi depăşiţi în competenţă de nişte „zombi” care n-ar putea aprecia minunile universului înconjurător şi n-ar putea „simţi” lumea exterioară aşa cum o simt oamenii. Oricum, societatea va fi transformată de roboţii autonomi, deşi nu s-a decis încă dacă aceştia vor poseda ceea ce noi am numi înţelegere reală sau vor fi doar nişte „savanţi idioţi” – competenţi, dar fără înţelegere.

Un robot superinteligent suficient de versatil ar putea fi ultima invenţie pe care oamenii trebuie să o facă. Odată ce depăşesc inteligenţa omenească, maşinile ar putea proiecta şi fabrica o nouă generaţie de maşini şi mai inteligente. Unele dintre temele ştiinţei speculative, care-i pune în încurcătură pe fizicienii de azi – călătoria în timp, deformarea spaţiului şi ultracomplexitatea –, ar putea fi valorificate de noile maşini, transformând fizic lumea. Ray Kurzweil (menţionat în secţiunea 2.1 în legătură cu criogenarea) susţine că acest lucru ar putea conduce la o explozie de inteligenţă impetuoasă: „singularitatea” 13.

Puţini oameni au dubii că maşinile vor depăşi într-o bună zi cele mai specifice abilităţi omeneşti; dezacordurile se referă la viteza călătoriei, nu la direcţia ei. Dacă susţinătorii inteligenţei artificiale au dreptate, ar putea dura doar câteva decenii până când oamenii în carne şi oase vor fi întrecuţi – sau poate că va dura veacuri. Dar, în comparaţie cu imensitatea perioadei de evoluţie care a dus la apariţia omenirii, acest interval e doar o clipire. Nu e o previziune fatalistă, ci un motiv de optimism. Civilizaţia care ne va lua locul ar putea realiza progrese inimaginabile – nişte performanţe pe care noi probabil că

nici măcar nu le vom putea înţelege. Voi explora orizonturile de dincolo de limitele planetei noastre în capitolul 3.

2.5. Riscuri cu adevărat existenţiale?

Lumea noastră depinde tot mai mult de anumite reţele complicate: reţelele electrice, de control al traficului aerian, finanţele internaţionale, fabricarea de bunuri dispersată pe tot globul ş.a.m.d. Dacă aceste reţele nu sunt extrem de durabile, beneficiile lor ar putea fi depăşite de prăbuşiri catastrofale (deşi rare) – corespondente reale ale crizei financiare globale din 2008. Oraşele ar fi paralizate fără electricitate – luminile s-ar stinge, dar asta n-ar fi nici pe departe cea mai gravă consecinţă. În câteva zile, oraşele noastre ar deveni de nelocuit şi anarhice. Transportul aerian poate răspândi o pandemie la nivel mondial în câteva zile, devastând megaoraşele dezorganizate dinţările în curs de dezvoltare. Iar mediile de socializare Online pot răspândi panica, zvonurile şi contagiunea economică literalmente cu viteza luminii.

Când ne dăm seama de puterea biotehnologiei, a roboticii, a tehnologiei electronice şi a IA – şi, mai mult, de potenţialul lor în deceniile viitoare –, nu putem evita îngrijorările cu privire la posibila utilizare greşită a acestor forţe sporite. Consemnările istorice dau la iveală episoade în care „civilizaţiile” s-au prefăcut în ruine şi chiar au fost şterse de pe faţa pământului. Lumea noastră e atât de interconectată, încât e improbabil ca în cazul în care o catastrofă ar lovi o anumită regiune, consecinţele să nu se extindă la nivel global. Pentru prima dată trebuie să luăm în calcul un colaps – societal sau ecologic – care ar însemna un pas înapoi al civilizaţiei la un nivel cu adevărat global. Pasul înapoi ar putea fi temporar. Pe de altă parte, ar putea fi atât de dur (şi ar putea avea drept consecinţă o degradare ecologică sau genetică atât de puternică), încât ar fi posibil ca supravieţuitorii să nu mai poată reconstitui niciodată civilizaţia la nivelul ei actual.

Se ridică astfel întrebarea: ar putea exista o clasă

distinctă de evenimente extreme care să „tragă cortina” pentru noi toţi – catastrofe care ar putea eradica întreaga omenire sau chiar tot ce este viu? Fizicienii care au lucrat la Proiectul Manhattan în timpul celui de-al Doilea Război Mondial au iniţiat astfel de preocupări prometeice. Am putea fi absolut siguri că o explozie nucleară n-ar putea incendia întreaga atmosferă sau n-ar face să se evapore apa din toate oceanele lumii? înainte de Testul Trinity, din 1945, al primei bombe atomice, care a avut loc în New Mexico, Edward Teller şi doi dintre colegii lui s-au ocupat de această problemă într-un calcul care a fost publicat (mult mai târziu) de Laboratorul din Los Alamos; ei s-au autoconvins că exista un factor de siguranţă ridicat. Şi, din fericire, aveau dreptate. Ştim astăzi cu certitudine că o singură armă nucleară, oricât ar fi de distrugătoare, nu ar putea declanşa o reacţie nucleară în lanţ care să distrugă întreg Pământul sau atmosfera din jurul lui.

Dar ce putem spune despre experimentele şi mai radicale? Fizicienii încearcă să înţeleagă particulele care compun universul şi forţele care le guvernează. Sunt curioşi să analizeze energiile, presiunile şi temperaturile extreme; în acest scop, construiesc aparate imense şi complicate – acceleratoarele de particule. Metoda optimă pentru a produce o mare concentrare de energie este de a accelera atomii la viteze enorme, aproape de viteza luminii, şi de a-i face să se ciocnească unii cu ceilalţi. Când doi atomi se ciocnesc, protonii şi neutronii din componenţa lor implodează la o densitate şi o presiune mult mai mari decât atunci când sunt închişi într-un nucleu normal, eliberând quarcii constitutivi. Ei se pot fragmenta apoi în particule şi mai mici. La nivel microcosmic, se reproduc condiţiile care au predominat în prima nanosecundă ce a urmat Big Bangului.

Unii fizicieni au accentuat posibilitatea ca aceste experimente să aibă efecte mult mai grave – distrugerea Pământului sau chiar a întregului univers. S-ar putea forma o gaură neagră, care ar absorbi totul din jurul ei.

Conform teoriei relativităţii a lui Einstein, energia necesară pentru crearea chiar şi a celei mai mici găuri negre ar depăşi cu mult ceea ce aceste coliziuni ar putea genera. Cu toate acestea, câteva teorii noi invocă dimensiuni extraspaţiale dincolo de cele trei pe care le cunoaştem; o consecinţă ar fi creşterea atracţiei gravitaţionale, astfel încât ar fi mai puţin dificil ca un obiect mic să implodeze într-o gaură neagră.

A doua posibilitate înfricoşătoare constă în reasamblarea quarcilor în obiecte comprimate numite *strangelet*. Acest lucru în sine ar fi benign. Totuşi, după anumite ipoteze, un strangelet ar putea, prin contagiune, să convertească tot ceea ce întâlneşte

Fragmente de „materie stranie” (n.tr.). Într-o nouă formă de materie, transformând întreg Pământul într-o sferă hiperdensă cu diametrul de circa o sută de metri.

Al treilea risc al acestor experimente de coliziune este şi mai exotic şi, potenţial, cel mai dezastruos dintre ele: o catastrofă care înghite spaţiul însuşi. Spaţiul gol – ceea ce fizicienii numesc „vid” – este mai mult decât pur şi simplu nimic. Este o „scenă” pentru tot ceea ce se întâmplă; conţine, într-o formă latentă, toate forţele şi particulele care guvernează lumea fizică. El este depozitul energiei întunecate care controlează soarta universului. Spaţiul ar putea exista în diferite „faze”, la fel cum apa poate exista în trei forme: ghe. aţă, lichid sau aburi. În plus, vidul actual ar putea fi fragil şi instabil. Aici putem face o analogie cu apa atunci când este „suprarăcită”. Apa se poate răci sub punctul ei normal de îngheţ dacă este pură şi nu e agitată; cu toate acestea, este suficientă o mică perturbare locală – de pildă, un fir de praf care cade în ea – pentru a declanşa transformarea apei suprarăcite în gheaţă. În mod similar, unii au speculat că energia concentrată creată atunci când particulele se ciocnesc una de alta ar putea declanşa o „tranziţie de fază” care ar sfâşia textura spaţiului. Aceasta ar fi o calamitate cosmică – nu doar terestră.

Teoriile cele mai acceptate sunt liniştitoare; ele sugerează că riscurile experimentelor care stau în puterile noastre la ora actuală sunt zero. Totuşi, fizicienii pot să conceapă teorii alternative (şi să pună pe hârtie ecuaţiile pentru ele) care sunt compatibile cu tot ceea ce ştim – astfel încât nu putem să le dăm deoparte conform cărora unele dintre aceste catastrofe ar fi posibile. Asemenea teorii alternative poate că nu sunt cele mai plauzibile, dar sunt oare toate atât de incredibile încât nu ar trebui să ne facem niciun fel de griji?

Fizicienilor li s-a cerut (în mod absolut justificat, în opinia mea) să abordeze problema acestor „riscuri existenţiale" speculative atunci când acceleratoare de particule noi şi puternice au fost inaugurate la Brookhaven National Laboratory şi CERN din Geneva, generând concentraţii de energie fără precedent. Din fericire, ei au putut oferi unele asigurări; într-adevăr, am fost unul dintre cei care au arătat că „razele cosmice" – particule cu o energie mult mai mare decât cea care poate fi obţinută în acceleratoare – se ciocnesc în mod frecvent în galaxie, dar n-au distrus spaţiul 14. Şi au străpuns stele foarte dense, fără a declanşa transformarea lor în vreun strangelet.

Aşadar, cât de puţin dispuşi la risc ar trebui să fim? Unii ar pretinde că o probabilitate de unu la zece milioane să se producă un dezastru existenţial ar fi suficient de bună, pentru că ar fi mai mică decât probabilitatea ca, anul viitor, un asteroid suficient de mare pentru a produce distrugeri la nivelul întregii planete să lovească Pământul. (Afirmaţia aceasta este ca şi cum ai argumenta că efectul extracancerigen al radiaţiei artificiale e acceptabil atât timp cât nu dublează riscul implicat de radiaţia naturală – radonul din rocile locale, bunăoară.) Dar pentru alţii această limită s-ar putea să nu fie suficient de strictă. Dacă o ameninţare ar viza întregul Pământ, oamenii ar putea cere cu îndreptăţire asigurări că probabilitatea este de sub unu la un miliard – poate chiar unu la un trilion – înainte de a autoriza un asemenea experiment, dacă scopul său

este doar de a satisface curiozitatea fizicienilor teoreticieni.

Putem oare da în mod credibil asemenea asigurări? Am putea paria că probabilitatea ca astfel de evenimente să nu se întâmple este mai mare decât posibilitatea ca soarele să nu răsară mâine sau ca un zar nemăsluit să cadă de o sută de ori la rând cu cifra şase în sus, pentru că suntem încrezători că înţelegem aceste lucruri. Dar, întrucât înţelegerea noastră este fragilă – aşa cum este în mod clar la frontierele fizicii nu putem să atribuim cu adevărat o probabilitate sau să afirmăm cu certitudine că un anumit lucru e improbabil. Ar fi o dovadă de aroganţă să ne încredem în orice teorie despre ceea ce se întâmplă atunci când atomii se ciocnesc între ei cu o energie fără precedent. Dacă un comitet congresional ar întreba: „Chiar pretindeţi că există mai puţin de o şansă la un miliard să vă înşelaţi?”, m-aş simţi stânjenit să spun „da”.

Dar, pe de altă parte, dacă un congresman m-ar întreba: „Ar putea un asemenea experiment să pună în lumină o mare descoperire care să furnizeze – de pildă – o nouă sursă de energie pentru întreaga lume?”, aş paria şi împotriva acestei eventualităţi. Deci, problema constă în probabilităţile relative ale acestor evenimente improbabile, unul extrem de benefic, celălalt – catastrofal. Aş presupune că aspectul pozitiv – un beneficiu pentru umanitate –, cu toate că e foarte improbabil, e mult mai puţin improbabil decât scenariul „sfârşitului lumii”. Asemenea gânduri ar înlătura orice ezitare cu privire la continuarea experimentelor – dar e imposibil să cuantificăm probabilităţile relative. În consecinţă, ar putea fi dificil să pledăm convingător în favoarea acestui târg faustic. Inovaţia e deseori periculoasă, dar, dacă nu riscăm, am putea să ne lipsim de beneficii. Aplicarea „principiului prudenţial” are un cost în ceea ce priveşte oportunitatea – „costul ascuns al refuzului”.

Cu toate acestea, fizicienii ar trebui să fie circumspecţi faţă de efectuarea unor experimente care

generează condiţii fără precedent, chiar şi în cosmos. În mod similar, biologii ar trebui să evite crearea unor agenţi patogeni modificaţi genetic şi potenţial distructivi sau modificarea pe scară largă ale genomului uman. Experţii în cibernetică sunt conştienţi de riscul unui dezastru care s-ar propaga în infrastructura globală. Inventatorii care promovează utilizările benefice ale IA avansate ar trebui să evite scenariile în care maşina „preia controlul”. Mulţi dintre noi sunt înclinaţi să nu dăm atenţie acestor riscuri, considerându-le ştiinţifico-fantastice – dar, ţinând cont de miză, ele nu ar trebui ignorate, chiar dacă sunt socotite extrem de improbabile.

Aceste exemple de riscuri cvasiexistenţiale exemplifică, de asemenea, necesitatea unei expertize interdisciplinare şi a unei interacţiuni adecvate între experţi şi public. Mai mult, pentru a se asigura că tehnologiile novatoare sunt optim valorificate, comunităţile vor trebui să gândească global şi pe termen lung, Aceste chestiuni etice şi politice vor fi discutate în continuare în capitolul 5.

Şi pentru că veni vorba, prioritatea pe care ar trebui s-o acordăm evitării dezastrelor cu adevărat existenţiale depinde de o chestiune etică discutată cândva de filosoful Derek Parfit: drepturile celor care nu s-au născut încă. Reflectaţi asupra a două scenarii: în scenariul *A*, 90% din omenire e ştearsă de pe faţa pământului; în scenariul *B*, 100%. Cu cât e mai rău *B* decât *A*? Unii ar spune că e cu 10% mai rău: numărul cadavrelor este cu 10% mai mare. Dar Parfit ar argumenta că *B* ar putea fi *incomparabil* mai rău, pentru că extincţia omenirii face imposibilă existenţa în viitor a miliarde, chiar trilioane de oameni – şi chiar a unui potenţial viitor postuman infinit care ar depăşi cu mult Pământul 15. Anumiţi filosofi critică argumentul lui Parfit, arătând că „oamenii posibili” n-ar trebui să aibă aceeaşi importanţă precum cei actuali („Vrem să facem fericiţi mai mulţi oameni, nu să facem oameni mai fericiţi”). Şi chiar dacă luăm în serios aceste argumente

utilitariste naive, ar trebui să remarcăm că, dacă extratereştrii ar exista deja (vezi secţiunea 3.5), expansiunea terestră, prin reducerea habitatului lor, ar putea avea o contribuţie categoric negativă la „pacea cosmică”!

Oricum, dincolo de aceste jocuri intelectuale referitoare ia „oamenii posibili”, perspectiva unui sfârşit al istoriei omenirii i-ar întrista pe oamenii de azi. Cei mai mulţi dintre noi, conştienţi de moştenirea pe care ne-au lăsat-o generaţiile precedente, am fi deprimaţi dacă am crede că nu ne vor mai urma numeroase alte generaţii.

(Aceasta este o versiune extinsă a chestiunilor care intervin în politica climatică, discutate în secţiunea 1.5, în care apare o controversă referitoare la cât de mare importanţă ar trebui să le dăm celor care încă nu s-au născut şi care vor trăi peste un secol. Este o problemă care influenţează şi atitudinea noastră privind creşterea populaţiei globului.)

Chiar dacă am paria contra unui experiment ce implică un accelerator sau contra unui dezastru genetic care ar putea distruge omenirea, cred că totuşi merită să chibzuim la aceste scenarii prin „experimente mentale”. Nu avem niciun motiv să presupunem că nişte ameninţări pricinuite de om care le depăşesc cu mult ca gravitate pe cele din registrul nostru actual de riscuri pot fi ignorate, într-adevăr, motivele de a crede că vom supravieţui celor mai mari nenorociri pe care le pot aduce tehnologiile viitorului sunt ca şi inexistenţe. Conform unei maxime importante „ceea ce este nefamiliar nu e totuna cu ceea ce este improbabil” 16.

Aceste chestiuni etice sunt încă departe de viaţa „cotidiană”, dar nu este prematur să le abordăm – din fericire, unii filosofi se ocupă deja de ele. Dar reprezintă o provocare şi pentru oamenii de ştiinţă, într-adevăr, ele sugerează un motiv suplimentar pentru a discuta chestiuni despre lumea fizică ce pot să pară oculte şi îndepărtate: stabilitatea spaţiului însuşi, apariţia vieţii, precum şi

întinderea şi caracterul a ceea ce am putea numi „realitatea fizică”.

Aceste idei ne conduc de la o abordare terestră la o perspectivă mai accentuat cosmică, şi care va fi tema capitolului următor. În pofida „fascinaţiei” pentru zborul cosmic, spaţiul este un mediu ostil, la care oamenii nu sunt adaptaţi. Ca atare, în acest domeniu, cele mai multe oportunităţi de acţiune le vor avea roboţii, ghidaţi de o IA de nivel uman, iar biotehnologia şi cibertehnologia le-ar putea permite oamenilor să evolueze tot mai mult în viitor.

3. Omenirea în perspectivă cosmică

3.1. Pământul în context cosmic în 1968, Bill Anders, astronaut pe Apollo 8, a fotografiat „răsăritul Pământului”, fotografia înfăţişând Pământul în depărtare, strălucind deasupra orizontului selenar. Nu şi-a dat seama că imaginea avea să devină emblematică pentru mişcarea ecologistă globală. Ea dezvăluia biosfera fragilă a Pământului, în contrast cu peisajul selenar steril în care, un an mai târziu, Neil Armstrong a făcut „un pas mic”. O altă fotografie faimoasă a fost făcută în 1990 de sonda spaţială *Voyager I*, de la o distanţă de şase miliarde de kilometri. Pământul apărea ca un „palid punct albastru”, care i-a inspirat lui Carl Sagan următoarele gânduri1:

Priviţi din nou acel punct. Este acolo. Este casa noastră. Suntem noi. Toţi cei pe care-i iubiţi, toţi cei pe care-i cunoaşteţi, toţi cei despre care aţi auzit vreodată, toate fiinţele umane care au existat vreodată au trăit acolo… Toţi sfinţii şi toţi păcătoşii din istoria speciei noastre au trăit acolo – pe un grăunte de praf suspendat în lumina solară.

Planeta noastră este un mic punct singuratic în marele întuneric cosmic care îl învăluie. Nu există niciun indiciu că va veni de altundeva vreun ajutor pentru a ne salva de noi înşine – Pământul este unica lume cunoscută până acum pe care există viaţă. Ne place sau nu, deocamdată Pământul este locul unde rezistăm.

Aceste sentimente au ecou şi astăzi. Într-adevăr, este

în plină desfăşurare o dezbatere serioasă despre modul în care explorarea cosmosului mult dincolo de graniţele sistemului solar, efectuată de aparate, dacă nu de oameni, ar putea deveni o realitate – chiar dacă numai în viitorul îndepărtat (*Voyager I*, după mai mult de patruzeci de ani, se află încă la periferia sistemului solar. Va avea nevoie de zeci de mii de ani pentru a ajunge la cea mai apropiată stea.)

De la Darwin încoace, suntem conştienţi de lunga istorie a Pământului. El încheie *Originea speciilor* cu următoarele cuvinte bine-cunoscute: „În timp ce planeta noastră îşi continuă rotaţia după legea imuabilă a gravitaţiei, nenumărate forme din cele mai frumoase şi mai minunate, apărute dintr-un început atât de simplu, s-au dezvoltat şi continuă încă să se dezvolte”. În prezent, noi facem speculaţii cu privire la perioade la fel de lungi care se întind în viitor, iar acestea vor constitui tema capitolului de faţă.

„Începutul atât de simplu” al lui Darwin – tânăra planetă Pământ – este complex din punct de vedere chimic şi structural. Astronomii vor să sondeze şi mai adânc în trecut decât au fost capabili Darwin şi geologii să o facă – vizând originea planetelor, a stelelor şi a atomilor care le alcătuiesc.

Întregul nostru sistem solar s-a condensat acum 4, 5 miliarde de ani dintr-un disc de gaze şi praf care se rotea. Dar de unde au apărut atomii – de ce sunt atât de mulţi atomi de oxigen şi de fier, dar nu şi de aur? Darwin nu ar fi înţeles pe de-a-ntregul această întrebare: pe vremea lui, însăşi existenţa atomilor era un subiect controversat. Dar astăzi noi ştim nu doar că împărtăşim o origine comună şi multe gene cu întreaga urzeală a vieţii de pe

— Ch. Darwin, *Originea speciilor*, Editura Academia RPR.

1957, trad. rom. sub. red. acad. Vasile D. Mârza (n.tr.).

Pământ, ci şi că suntem legaţi de întregul cosmos.

Soarele şi stelele sunt reactoare de fuziune nucleară, îşi obţin energia prin fuziunea hidrogenului pentru a produce heliu, iar apoi heliul produce prin fuziune carbon, oxigen, fosfor şi fier, precum şi alte elemente din tabloul periodic. Când stelele pier, ele elimină materia „procesată” înapoi în spaţiul interstelar (prin exploziile supernovelor, în cazul stelelor grele). O parte din această materie este apoi reciclată în noile stele care apar. Soarele a fost şi el cândva o astfel de stea.

Un atom tipic de carbon, într-una dintre trilioanele de molecule de CO_2 pe care le inhalăm cu fiecare respiraţie, are o istorie plină de evenimente care se întinde pe mai bine de cinci miliarde de ani. Atomul a fost probabil eliberat în atmosferă când a ars o bucată de cărbune – o bucată care a fost ea însăşi rămăşiţa unui copac dintr-o pădure primitivă de acum 200 de milioane de ani – şi înainte circulase între scoarţa, biosfera şi oceanele Pământului încă din vremea formării planetei noastre. Urmărindu-l în continuare, am afla că atomul s-a format într-o stea bătrână ce a explodat, eliberând atomi de carbon care au rătăcit prin spaţiul interstelar, condensându-se în cele din urmă într-un sistem protosolar şi, de acolo, pe tânăra planetă

Pământ. Noi suntem literalmente cenuşa unor stele moarte demult – sau (mai puţin romantic) deşeurile nucleare ale combustibilului care a făcut ca stelele să strălucească.

Astronomia este o ştiinţă veche – poate cea mai veche, dacă exceptăm medicina (şi aş susţine că este prima care a făcut mai mult bine decât rău – prin perfecţionarea calendarului, a măsurării timpului şi a navigaţiei). Iar în ultimele câteva decenii, explorarea cosmosului a fost extrem de fructuoasă. Există urme de paşi omeneşti pe Lună. Sondele automate ce călătoresc spre alte planete ne-au trimis fotografii ale unor lumi diversificate şi fascinante – şi chiar au coborât pe unele dintre ele. Telescoapele moderne ne-au lărgit orizonturile

cosmice. Aceste telescoape ne-au dezvăluit o „faună” de obiecte extraordinare – găuri negre, stele neutronice şi explozii colosale. Soarele nostru este integrat în galaxia noastră, Calea Lactee, care conţine mai mult de 100 de miliarde de stele, toate orbitând în jurul unui ax central unde o uriaşă gaură neagră stă la pândă. Iar aceasta este doar una dintre cele 100 de miliarde de galaxii vizibile prin telescop. Am detectat chiar „ecouri” ale Big Bangului care a declanşat expansiunea întregului univers acum 13, 8 miliarde de ani. Aşa a apărut universul – şi, odată cu el, toate particulele de bază din natură.

Teoreticienii de fotoliu ca mine îşi pot aroga puţine merite pentru acest progres; el se datorează în primul rând dezvoltării telescoapelor, navelor spaţiale şi calculatoarelor. Graţie acestor progrese începem să înţelegem lanţul de evenimente prin care, pornind de la nişte începuturi misterioase, când totul era comprimat la temperaturi şi densităţi imense, au apărut atomii, stelele, galaxiile şi planetele – şi procesul prin care pe o planetă, Pământul, atomii s-au îmbinat şi au format primele fiinţe vii, începând evoluţia darwinistă care a dus la fiinţe ca noi, capabile să mediteze la tot acest mister.

Ştiinţa este o cultură cu adevărat globală – care trece dincolo de orice graniţe trasate de naţionalitate şi de religii. Acest lucru este valabil în special în cazul astronomiei. Cerul nopţii este dimensiunea universală prin excelenţă a mediului nostru. De-a lungul istoriei, oameni din toate colţurile lumii au privit stelele, interpretându-le în moduri diferite. Dar abia în decursul ultimului deceniu cerul nopţii a devenit cu mult mai interesant decât a fost pentru strămoşii noştri. Am descoperit că stelele nu sunt doar puncte sclipitoare de lumină, ci că în jurul lor orbitează planete, ca în cazul Soarelui. În mod uimitor, galaxia noastră adăposteşte multe milioane de planete asemănătoare Pământului – planete care par locuibile. Dar sunt oare cu adevărat locuite – există viaţă, chiar viaţă inteligentă, acolo? E greu să ne imaginăm o întrebare mai

importantă pentru înţelegerea locului nostru în schema cosmică a lucrurilor.

Este evident că prin prezenţa lor cvasipermanentă în mass-media aceste întrebări fascinează milioane de oameni. Este îmbucurător pentru astronomi (şi pentru cei implicaţi în domenii precum ecologia) că preocupările lor atrag un interes popular atât de larg. Aş resimţi o mult mai redusă satisfacţie din cercetările mele dacă le-aş putea discuta doar cu câţiva colegi specialişti. Mai mult, acest subiect are o imagine pozitivă şi deloc ameninţătoare, în contrast cu ambivalenţa publicului în ceea ce priveşte, spre exemplu, ştiinţa nucleară, robotica sau genetica.

Dacă mă aflu într-un avion şi nu vreau să vorbesc cu persoana de pe scaunul alăturat, pot opri cu certitudine conversaţia spunând: „Sunt matematician”. Dimpotrivă, spunând „Sunt astronom”, stimulezi adesea interesul. Iar prima întrebare care urmează este, de regulă, „Crezi în extratereştri sau suntem singuri?”. Subiectul mă fascinează şi pe mine, aşa că sunt întotdeauna bucuros să-l discut. Şi are şi calitatea de a deschide o conversaţie.

Nimeni nu ştie încă răspunsul, deci nu există o barieră între un „expert” şi publicul curios. Nu e nimic nou în acest interes; însă acum, pentru prima dată, putem spera la un răspuns.

Speculaţiile despre „pluralitatea lumilor locuite” datează încă din Antichitate. Între secolele al XVII-lea şi al XIX-lea, mulţi erau înclinaţi să creadă că celelalte planete ale sistemului solar sunt locuite. Raţionamentul era mai adesea teologic decât ştiinţific. Gânditori eminenţi din secolul al XIX-lea susţineau că viaţa trebuie să fie prezentă în întreg cosmosul, deoarece altfel aceste spaţii vaste ar părea o irosire a eforturilor Creatorului. O critică amuzantă a unor astfel de idei apare în impresionanta carte *Man’s Place in the Universe* (Locul omului în Univers) a lui Alfred Russel Wallace, coautorul teoriei selecţiei naturale2. Wallace îl atacă în mod special pe fizicianul David Brewster (cunoscut printre fizicieni pentru

„unghiul Brewster” din optică), care, bazându-se pe asemenea argumente, emitea ipoteza că până şi Luna trebuie să fie locuită. Brewster susţinea în cartea sa *More Worlds Than One* (Mai multe lumi, nu doar una) că, dacă Luna „ar fi fost hărăzită să fie doar un felinar pentru Pământul nostru, nu ar fi fost motiv pentru a-i împestriţa suprafaţa cu munţi înalţi şi cu vulcani stinşi şi pentru a o acoperi cu parcele mari de materie care reflectă cantităţi diferite de lumină şi dau suprafeţei sale aspectul continentelor şi al mărilor. Ar fi fost un felinar mai bun dacă ar fi fost o bucată netedă de var sau de cretă”.

La sfârşitul secolului al XIX-lea mulţi astronomi erau atât de convinşi că există viaţă pe alte planete ale sistemului solar, încât a fost oferit un premiu de 100.000 de franci pentru prima persoană care stabilea contactul. Iar premiul excludea în mod explicit contactul cu marţienii, considerat ca fiind mult prea simplu! Afirmaţia greşită că Marte este brăzdată de canale a fost luată drept dovada limpede a existenţei vieţii inteligente pe planeta roşie.

Era spaţială a adus ştiri mai cumpătate. Venus, o planetă înnorată care promitea o lume tropicală luxuriantă şi mlăştinoasă, s-a dovedit a fi un infern zdrobitor şi coroziv. Mercur este un pietroi ciuruit şi încins. Chiar şi despre Marte, planeta cea mai asemănătoare Pământului, se ştie acum că e un deşert îngheţat cu o atmosferă foarte subţire. S-ar putea totuşi ca sonda NASA *Curiosity* să fi găsit apă. Şi a detectat gaz metan care ieşea la suprafaţă – poate de la organismele în putrefacţie care au trăit cu mult timp în urmă –, deşi acum nu pare să existe acolo nicio formă interesantă de viaţă.

În cazul corpurilor cereşti tot mai îndepărtate de Soare şi mai reci, pariul câştigător ar fi pe Europa, una dintre lunile lui Jupiter, şi pe Enceladus, o lună a lui Saturn. Acestea sunt acoperite cu gheaţă şi ar putea găzdui creaturi care înoată în oceanele de dedesubt; sunt plănuite sonde spaţiale care le vor căuta. Şi ar mai putea exista o viaţă exotică în lacurile de metan de pe Titan, o

altă lună a lui Saturn. Dar nimeni nu poate fi optimist.

În cadrul sistemului nostru solar, Pământul este planeta Goldilocks – nici prea fierbinte, nici prea rece. Dacă ar fi prea fierbinte, chiar şi cea mai rezistentă formă de viaţă ar fi prăjită. Dacă ar fi prea rece, procesele care au creat şi au întreţinut viaţa s-ar fi derulat mult mai lent. Descoperirea chiar şi a vestigiilor unor forme de viaţă altundeva în sistemul solar ar fi de o importanţă epocală. Şi asta pentru că ne-ar arăta că viaţa nu a fost o întâmplare sau o excepţie, ci a fost larg răspândită

— Principiul Goldilocks se referă la menţinerea echilibrului între două extreme şi îşi datorează numele basmului *Goldilocks şi cei trei ursuleţi* (1837) de Robert Southey, în care o fetiţă cu acest nume („Bucle aurii”) îşi dă seama că preferă terciul nici prea fierbinte, nici prea rece (n.tr.).

În cosmos. Deocamdată cunoaştem un singur loc – Pământul – unde a început viaţa. Logic, este posibil (unii susţin că e chiar plauzibil) ca apariţia vieţii să necesite nişte împrejurări atât de deosebite încât să se fi întâmplat o singură dată în întreaga noastră galaxie. Dar dacă a apărut de două ori într-un singur sistem planetar, atunci trebuie să fie răspândită.

(Există o condiţie importantă: înainte de a face această inferenţă privind ubicuitatea vieţii, trebuie să fim siguri că ambele forme de viaţă au apărut independent, şi că nu au fost transportate dintr-un loc într-altul. Din acest motiv, viaţa de sub gheaţa de pe Europa ar limpezi discuţia mai mult decât viaţa de pe Marte, deoarece există posibilitatea ca toţi să avem origini marţiene – să fi evoluat din nişte forme de viaţă primitive cărate pe o piatră smulsă din Marte în urma impactului cu un asteroid şi proiectată spre Pământ.)

3.2. Dincolo de sistemul nostru solar

Pentru a descoperi o „proprietate imobiliară” promiţătoare unde ar putea exista viaţă, trebuie să ne aruncăm privirea dincolo de sistemul nostru solar – dincolo

de raza de acţiune a oricărei sonde pe care o putem proiecta astăzi. Ceea ce a transformat şi a dat un imbold întregului domeniu al astrobiologiei a fost înţelegerea faptului că în jurul celor mai multe stele orbitează planete. Călugărul italian Giordano Bruno a făcut speculaţii în acest sens în secolul al XVI-lea. Începând cu anii 1940, astronomii au bănuit că a avut dreptate. O teorie anterioară, conform căreia sistemul solar s-ar fi format dintr-un filament smuls din Soare de forţa gravitaţională a unei stele care a trecut prin apropiere (ceea ce ar fi presupus ca sistemele planetare să fie rare), fusese deja discreditată. Această teorie a fost înlocuită de ideea că atunci când un nor interstelar se contractă sub acţiunea gravitaţiei pentru a forma o stea, dacă se roteşte, are ca efect colateral un disc în care gazele şi praful constituente se adună la un loc şi formează planete. Dar abia în anii 1990 au început să apară dovezi în favoarea existenţei exoplanetelor. Cele mai multe exoplanete nu sunt detectate în mod direct; existenţa lor este dedusă în urma observării atente a stelelor în jurul cărora acestea orbitează. Există două tehnici principale.

Iat-o pe prima. Dacă în jurul unei stele orbitează o planetă, atunci atât steaua, cât şi planeta se rotesc în jurul centrului lor de greutate – care este denumit baricentru. Steaua, fiind mai masivă, se mişcă mai încet. Dar mişcarea ciclică indusă de o planetă care orbitează în jurul ei poate fi detectată prin studiul precis al luminii stelare, care dezvăluie un efect Doppler schimbător. Primul succes a survenit în 1995, când Michel Mayor şi Didier Queloz, de la Observatorul din Geneva, au găsit o planetă „cu masa lui Jupiter” în jurul stelei apropiate 51 Pegasi3. În anii următori, peste 400 de exoplanete au fost descoperite în acest mod. Această tehnică a „oscilaţiei stelare” este aplicabilă în principal planetelor „uriaşe” – corpuri cereşti de talia lui Jupiter sau Saturn.

Posibilii „gemeni” ai Pământului sunt deosebit de interesanţi: planete de aceeaşi mărime cu a noastră,

deplasându-se în jurul unor stele asemănătoare Soarelui, pe orbite cu temperaturi la care apa nici nu fierbe şi nici nu rămâne îngheţată. Dar a le descoperi pe acestea – de sute de ori mai mici decât Jupiter – este o reală provocare. Ele produc oscilaţii ale stelei-părinte de doar câţiva centimetri pe secundă – iar această mişcare s-a dovedit până astăzi prea mică pentru a fi detectată prin metoda Doppler (deşi instrumentele fac progrese vertiginoase).

Există însă şi o a doua tehnică: putem să urmărim „umbrirea planetelor". O stea se întunecă uşor atunci când o planetă se află „în tranzit" prin faţa ei; aceste adumbriri se repetă la intervale regulate. Datele de acest tip dezvăluie două lucruri: intervalul dintre întunecările succesive ne indică lungimea anului planetei, iar amplitudinea întunecării ne indică a câta parte din lumina stelei este blocată de planetă în timpul tranzitării şi, prin urmare, cât este aceasta de mare.

Cea mai importantă cercetare (de până acum) dedicată planetelor care tranzitează a fost efectuată de o navă a NASA botezată după astronomul Johannes Kepler4, care a petrecut mai bine de trei ani măsurând strălucirea a 150.000 de stele, cu o precizie de 1 la 100.000 – şi a făcut-o o dată sau de mai multe ori pe oră pentru fiecare stea. *Kepler* a descoperit mii de planete care tranzitează, dintre care unele nu erau mai mari decât Pământul. Iniţiatorul proiectului *Kepler* a fost Bill Borucki, un inginer american care lucrase pentru NASA din 1964. El a conceput acest proiect în anii 1980 şi l-a urmat cu tenacitate, în pofida dificultăţilor în obţinerea fondurilor şi a scepticismului iniţial al multor astronomi „consacraţi". Succesul lui răsunător – obţinut când avea deja peste 70 de ani – merită aprecieri deosebite. Ne reaminteşte cât de mult le datorează constructorilor de instrumente până şi cea mai „pură" ştiinţă.

Exoplanetele descoperite până acum prezintă o anumită diversitate. Unele gravitează pe orbite excentrice. O planetă are patru sori pe cerul său: orbitează în jurul

unei stele binare, în jurul căreia orbitează o altă stea binară. Descoperirea a fost făcută de nişte „vânători de planete” amatori; orice pasionat de astronomie avea posibilitatea să acceseze datele de la *Kepler* pentru unele stele, iar ochiul uman a fost capabil să discearnă anumite „scăderi” în strălucirea stelelor (care, în acest caz, aveau loc mai puţin regulat decât în cazul în care o planetă orbitează în jurul unei singure stele).

Există o planetă ce orbitează în jurul celei mai apropiate stele, Proxima Centauri, care se află la doar patru ani-lumină de Pământ. Proxima Centauri este o aşa-numită stea pitică din clasa M, cam de o sută de ori mai palidă decât Soarele nostru, în 2017, o echipă condusă de astronomul belgian Michaël Gillon a descoperit un sistem solar miniatural al unei alte stele pitice din clasa M_5, în jurul căreia orbitează şapte planete, cu „ani” care durează între 1, 5 şi 18, 8 ani tereştri. Cele trei exterioare se află în zona locuibilă. Ar fi locuri excepţionale pentru a trăi acolo. Privite de pe suprafaţa uneia dintre planete, celelalte ar traversa cu repeziciune cerul, apărând la fel de mari pe cât ne apare nouă Luna. Dar ele sunt foarte „nepământene”. Probabil că ambele planete se rotesc sincron cu soarele lor, astfel încât îşi expun aceeaşi faţă acestuia – o emisferă veşnic luminată, iar cealaltă mereu în întuneric. (în cazul puţin probabil în care ar adăposti viaţă inteligentă, s-ar putea crea un fel de „segregare” – astronomii ar trăi izolaţi într-o emisferă, iar toţi ceilalţi, în cealaltă!). S-ar putea însă ca atmosfera lor să fi dispărut din cauza intenselor fluxuri magnetice care sunt comune stelelor pitice din clasa M, ceea ce le face mai puţin propice vieţii.

Exoplanetele cunoscute sunt aproape toate descoperite indirect, prin detectarea efectului pe care îl au asupra mişcării sau a luminozităţii stelelor în jurul cărora orbitează. Ne-am dori să le privim direct, dar acest lucru este dificil. Ca să ne dăm seama cam cât este de dificil, să presupunem că există extratereştri şi că un astronom extraterestru cu un telescop puternic priveşte Pământul de

la (să zicem) treizeci de ani-lumină – distanţa până la o stea apropiată. Planeta noastră ar apărea, cum spunea Carl Sagan, ca „un palid punct albastru”, foarte aproape de o stea (Soarele nostru) care străluceşte de miliarde de ori mai puternic: un licurici pe lângă un proiector. Nuanţa albăstruie ar fi uşor diferită, după cum extratereştrii ar avea în faţă Oceanul Pacific sau suprafaţa de uscat euroasiatică. Prin inferenţă, astronomii extratereştri ar putea deduce lungimea zilei terestre, anotimpurile, existenţa continentelor şi a oceanelor, precum şi climatul. Prin analiza luminii palide, ei ar putea conchide că Pământul are o suprafaţă verde şi o atmosferă ce conţine oxigen.

Astăzi, cele mai mari telescoape terestre sunt construite de consorţiile internaţionale. Apar ca ciupercile după ploaie pe Mauna Kea (în Hawaii) şi sub cerul curat şi limpede al înălţimilor andine, în Chile. Iar Africa de Sud nu doar că deţine unul dintre cele mai mari telescoape optice din lume, dar va avea şi un rol de frunte, alături de Australia, în construcţia celui mai mare radiotelescop, Square Kilometre Array. Un telescop care este construit la ora actuală pe un vârf de munte din Chile de astronomii europeni va avea sensibilitatea necesară pentru a capta lumina de la planetele de aceeaşi mărime ca Pământul care orbitează în jurul unor stele asemănătoare Soarelui. Este numit Telescopul European Extrem de Mare (European Extremely Large Telescope – E-ELT) – o nomenclatură mai degrabă literală decât ingenioasă. Primul telescop reflector al lui Newton avea o oglindă cu diametrul de zece centimetri, a lui E-ELT va avea un diametru de 39 de metri – un mozaic de mici oglinzi cu o suprafaţă totală de colectare de peste 100.000 de ori mai mare.

Din statisticile referitoare la planetele din jurul stelelor apropiate studiate până acum, putem concluziona că întreaga Cale Lactee conţine în jur de un miliard de planete „asemănătoare Pământului”, în sensul că sunt cam

de mărimea Pământului şi la o distanţă faţă de steaua lor „părinte” care permite existenţa apei, fără ca aceasta să se afle în stare de fierbere sau să rămână mereu îngheţată. Ne aşteptăm să existe o mare diversitate: unele ar putea fi „lumi acvatice”, complet acoperite de oceane, altele (ca Venus) ar putea să fi fost încălzite şi sterilizate de un „efect de seră” extrem.

Câte dintre aceste planete ar putea adăposti forme de viaţă mult mai interesante şi mai exotice decât orice am putea găsi pe Marte – sau chiar despre care s-ar putea considera că posedă inteligenţă? Nu ştim care sunt şansele. Într-adevăr, încă nu putem exclude posibilitatea ca originea vieţii – apariţia, dintr-un „amestec” chimic, a unei entităţi metabolizante şi reproducătoare – să fi implicat un accident atât de rar încât să se fi întâmplat o singură dată în întreaga noastră galaxie. Pe de altă parte, această tranziţie crucială ar putea să fi fost aproape inevitabilă, dat fiind mediul adecvat.

Pur şi simplu nu ştim – şi nu ştim nici dacă chimia ADN/AM a vieţii terestre este unica posibilitate sau doar o bază chimică printre multe alte opţiuni care s-ar putea realiza în altă parte a Universului. Şi – un aspect şi mai vital – nu ştim nici dacă apa lichidă este cu adevărat esenţială. Dacă ar exista o cale chimică prin care viaţa ar putea apărea în lacurile reci de metan de pe Titan, definiţia noastră a „planetelor locuibile” ar deveni mult mai largă.

Aceste probleme esenţiale ar putea fi clarificate în curând. Originea vieţii atrage acum un interes sporit; nu mai este considerată una din acele chestiuni extrem de spinoase (conştiinţa, de exemplu, încă se află în această categorie) care, deşi vădit importante, nu par oportune sau gestionabile – fiind expediate în categoria celor „prea dificile”. A înţelege începuturile vieţii este important nu doar pentru a stabili probabilitatea existenţei vieţii extraterestre, ci şi pentru că apariţia vieţii pe Pământ încă este un mister.

Ar trebui să fim lipsiţi de prejudecăţi în privinţa locului din cosmos unde poate apărea viaţa şi a formelor pe care le poate lua – şi să ne gândim şi la forme de viaţă nepământene în locuri nepământene. Chiar şi aici, pe Pământ, viaţa supravieţuieşte în cele mai neospitaliere locuri – în peşteri întunecate unde lumina soarelui nu a pătruns timp de mii de ani, în interiorul pietrelor din deşerturile aride, la mari adâncimi sub pământ şi pe lângă craterele fierbinţi de pe fundul celor mai adânci oceane. Este însă logic să începem cu ceea ce cunoaştem (strategia „căutării la lumina felinarului") şi să facem uz de toate tehnicile disponibile pentru a afla dacă atmosfera vreunei exoplanete asemănătoare Pământului prezintă semnele unei biosfere. Indicii ar trebui să se ivească, într-un deceniu sau două, prin Telescopul Spaţial James Webb, prin E-ELT şi alte telescoape terestre uriaşe asemănătoare, care vor apărea după 2020.

Chiar şi aceste telescoape de generaţie viitoare vor întâmpina dificultăţi în separarea spectrului atmosferei unei planete de spectrul stelei centrale mai strălucitoare. Dar, mergând cu gândul dincolo de jumătatea secolului, ne putem imagina o sumedenie de telescoape spaţiale imense, fiecare cu oglinzi kilometrice subţiri ca firul de păianjen, asamblate în spaţiul cosmic cu ajutorul roboţilor. În 2068, de centenarul fotografiei „Răsăritul Pământului" surprinsă de pe Apollo 8, un astfel de instrument ar putea să ne ofere o imagine şi mai emoţionantă: încă un Pământ orbitând în jurul unei stele îndepărtate.

3.3. Zborul în spaţiul cosmic – cu şi fără echipaj uman

Printre lecturile mele preferate din copilărie (asta se întâmpla în Anglia, demult, în anii 1950) se număra şi o revistă de benzi desenate intitulată *The Eagle* (*Vulturul*), cuprinzând mai cu seamă aventurile lui „Dan Dare – Pilotul viitorului", în care desenele minunate înfăţişau oraşe orbitale, dispozitive dorsale cu reacţie pentru zbor individual şi invadatori extratereştri. Când zborul spaţial a

devenit o realitate, costumele astronauţilor de la NASA (şi ale omologilor lor, „cosmonauţii” sovietici) îmi erau deci familiare, la fel şi procedurile de decolare, andocare ş.a.m.d. Generaţia mea a urmărit cu aviditate seria realizărilor eroice de pionierat: primul zbor orbital al lui Iuri Gagarin, prima ieşire în spaţiu a lui Alexei Leonov şi apoi, bineînţeles, aselenizările. Îmi amintesc de o vizită pe care a făcut-o în oraşul meu natal John Glenn, primul american care a ajuns pe orbita Pământului. A fost întrebat la ce se gândea în timp ce stătea în conul frontal al rachetei, aşteptând lansarea. A răspuns: „Mă gândeam că racheta a fost construită din douăzeci de mii de componente şi că fiecare dintre acestea fusese fabricată de către cel care făcuse oferta cu preţul cel mai mic”. (Glenn avea să devină senator al SUA şi, ulterior, cel mai vârstnic astronaut atunci când, la 77 de ani, a fost membru al echipajului navetei spaţiale STS-95.)

Doar doisprezece ani s-au scurs între zborul satelitului sovietic *Sputnik I* – primul obiect artificial care a ajuns pe orbită – şi istoricul „pas mic” pe suprafaţa Lunii din 1969. Niciodată nu mai privesc Luna fără a-mi aminti de Neil Armstrong şi de Buzz Aldrin. Isprăvile lor par şi mai eroice privite retrospectiv, căci ne dăm seama că ei depindeau de o tehnologie primitivă de calcul şi de un echipament netestat. Într-adevăr, William Safire, cel care a scris discursurile preşedintelui Nixon, a conceput un elogiu la adresa astronauţilor în cazul în care aceştia s-ar fi prăbuşit pe Lună sau ar fi rămaşi izolaţi acolo:

Soarta a hotărât ca oamenii care au păşit primii pe Lună pentru a o explora în pace să rămână pe Lună pentru a se odihni în pace. [Ei] ştiu că nu există speranţă să fie salvaţi. Dar mai ştiu şi că sacrificiul lor aduce speranţă omenirii.

O jumătate de secol mai târziu, programul Apollo va reprezenta punctul culminant al aventurii omului în spaţiu. A fost o „cursă spaţială” împotriva ruşilor – o competiţie a superputerilor rivale. Dacă s-ar fi păstrat acel elan, cu

siguranţă ar fi existat deja urme de paşi pe Marte; asta şi aştepta generaţia noastră. Totuşi, odată câştigată cursa, nu a mai existat nicio motivaţie pentru a fi continuate cheltuielile necesare. În anii 1960, NASA a absorbit mai mult de 4% din bugetul federal al SUA. Cifra actuală este de 0,6%. Tinerii de astăzi ştiu că americanii au trimis oameni pe Lună. Ştiu că egiptenii au construit piramidele. Dar aceste acţiuni par o istorie de demult, motivată de nişte obiective naţionale aproape la fel de bizare.

Sute de alţi oameni s-au aventurat în spaţiu în deceniile care au urmat – dar, în mod dezamăgitor, n-au făcut altceva decât să înconjoare Pământul pe o orbită joasă. Staţia Spaţială Internaţională (SSI) a fost probabil cel mai scump artefact construit vreodată. Costul ei, plus al navetelor al căror principal scop a fost să o deservească (deşi, între timp, au fost dezafectate), depăşeşte cu mult douăsprezece cifre. Beneficiul tehnic şi ştiinţific adus de SSI nu a fost de neglijat, dar ea a fost mai puţin rentabilă decât misiunile fără echipaj uman. Iar aceste călătorii nici nu oferă atâta emulaţie câtă au oferit succesele spaţiale de pionierat ale ruşilor şi americanilor. SSI apare la ştiri doar când ceva nu merge bine: dacă nu funcţionează toaleta, de exemplu, sau când astronauţii fac „lucruri trăsnite”, cum a făcut canadianul Chris Hadfield când a cântat şi s-a acompaniat la chitară.

Hiatusul în explorarea spaţială cu echipaj uman arată că, atunci când nu există o cerere de natură economică sau politică, tot ceea se se face în mod real este mult mai puţin decât ce s-ar putea înfăptui. (Zborul supersonic este un alt exemplu – avionul Concorde a împărtăşit soarta dinozaurilor. În schimb, produsele derivate ale tehnologiei informatice s-au dezvoltat şi s-au răspândit la scară globală mult mai repede decât au prezis cei care se ocupă cu prognoza şi experţii în management.)

Cu toate acestea, tehnologia spaţială a înflorit în ultimele patru decenii. Depindem în mod curent de sateliţii orbitali de comunicaţii, de navigaţie cu ajutorul GPS-ului,

de monitorizare a mediului ambiant, supraveghere şi prognoze meteorologice. Aceste servicii întrebuinţează în principal vehicule spaţiale care, deşi nu sunt operate de personal uman, sunt scumpe şi complexe. Există însă şi o piaţă în creştere pentru sateliţi miniaturali relativ ieftini, o cerere pe care mai multe companii private încearcă să o acopere.

Compania Planetlab din San Francisco a creat şi lansat roiuri de vehicule spaţiale de mărimea unor cutii de pantofi, cu misiunea colectivă de a oferi imagine şi acoperire globală, chiar dacă nu la o rezoluţie extrem de ridicată (3 – 5 metri): sloganul (doar puţin exagerat) afirmă că se doreşte monitorizarea fiecărui copac din lume, în fiecare zi din an. Optzeci şi opt de asemenea vehicule au fost lansate în 2017 ca sarcină utilă pentru o singură rachetă indiană; rachete ruseşti şi americane au fost întrebuinţate pentru a lansa şi mai multe, precum şi o flotă de SkySats ceva mai mari şi mai bine echipate (fiecare în greutate de o sută de kilograme). Pentru o rezoluţie mult mai bună, este necesar un satelit mai mare echipat cu aparate optice mai elaborate, dar există o piaţă şi pentru datele oferite de aceşti Cube Sat utilizaţi pentru monitorizarea culturilor agricole, a şantierelor de construcţii, a vaselor de pescuit şi a altora asemenea; ei sunt utili şi pentru pregătirea răspunsului la dezastrele naturale. Acum pot fi lansaţi sateliţi chiar mai mici, subţiri cât o vafă, folosind tehnologia rezultată în urma investiţiilor uriaşe făcute în microelectronica bunurilor de larg consum.

Telescoapele din spaţiu oferă astronomiei un sprijin enorm. Orbitând mult deasupra efectelor de estompare şi absorbţie ale atmosferei Pământului, ele ne-au trimis imagini clare din cele mai îndepărtate zone ale cosmosului. Au examinat cerul în spectrul razelor infraroşii, ultraviolete, X şi gamma, care nu penetrează atmosfera şi, prin urmare, nu pot fi observate de la sol. Au oferit dovezi pentru existenţa găurilor negre şi a altor fenomene

neobişnuite şi au sondat cu mare precizie „remanenţele creaţiei” – microundele care se găsesc peste tot în univers şi ale căror proprietăţi prezintă indicii despre fazele incipiente ale acestuia, când întreg cosmosul observabil era comprimat la dimensiuni microscopice.

De un interes public imediat sunt descoperirile vehiculelor spaţiale care au vizitat toate planetele sistemului solar. Sonda spaţială *New Horizons*, trimisă de NASA, ne-a transmis imagini uimitoare de pe Pluto, aflată la o distanţă de 10.000 de ori mai mare de Pământ decât Luna. Iar *Rosetta*, vehicul spaţial al Agenţiei Spaţiale Europene, a plasat un robot pe o cometă. Aceste vehicule au avut nevoie de cinci ani pentru a fi proiectate şi construite, apoi de aproape alţi zece ani pentru a călători spre ţintele lor îndepărtate. Sonda *Cassini* a petrecut treisprezece ani studiind planeta Saturn şi lunile sale şi era chiar mai veche; mai bine de douăzeci de ani au trecut de la lansarea ei până la „plonjonul” său final pe Saturn, la sfârşitul lui 2017. Nu e greu să ne închipuim cât de sofisticate ar putea fi succesoarele acestor misiuni în ziua de azi.

În cursul acestui secol, întregul sistem solar – planetele, lunile şi asteroizii – va fi explorat şi cartografiat de flote de minuscule sonde spaţiale robotice, care vor interacţiona unele cu altele ca un stol de păsări. Roboţi uriaşi vor fi capabili să confecţioneze în spaţiu captatoare de energie solară şi alte obiecte. Succesorii telescopului Hubble, cu oglinzi supradimensionate asamblate în condiţii de gravitaţie zero, ne vor lărgi şi mai mult viziunea asupra exoplanetelor, stelelor, galaxiilor şi cosmosului. Pasul următor ar fi mineritul şi fabricarea în spaţiu.

Dar oare va exista un rol şi pentru oameni? Nu încape îndoială că sonda *Curiosity* a NASA, un rover de mărimea unui vehicul mic, care din 2011 s-a târât de-a curmezişul unui uriaş crater marţian, ar putea să treacă pe lângă descoperiri senzaţionale pe care niciun geolog uman nu le-ar putea rata. Dar capacitatea de a învăţa a maşinilor

se dezvoltă cu repeziciune, ca şi tehnologia senzorilor. În schimb, diferenţa de cost dintre misiunile cu şi cele fără echipaj uman rămâne enormă. Argumentele practice în favoarea zborurilor spaţiale cu echipaj uman slăbesc cu fiecare nou progres înregistrat în domeniul roboţilor şi al miniaturizării.

Dacă ar exista o revigorare a „spiritului Apollo” şi un imbold reînnoit de a-i dezvolta moştenirea, o bază lunară permanentă deservită de personal uman ar fi o etapă credibilă. Construcţia ei ar putea fi făcută de roboţi – aducând unele resurse de pe Pământ şi extrăgând altele din solul lunar. Un teren extrem de favorabil este craterul Shackleton, aflat la polul sud al Lunii, cu un diametru de 21 de kilometri şi cu buza craterului având o înălţime de 4 kilometri. Datorită amplasamentului, buza craterului este luminată permanent de soare, fiind scutită astfel de contrastele termice extreme ce se produc în fiecare lună pe aproape toată suprafaţa selenară. Mai mult, ar putea exista multă gheaţă în interiorul mereu întunecat al craterului – crucială, evident, pentru susţinerea unei „colonii”.

Ar fi logic să se construiască mai ales pe jumătatea Lunii care este orientată spre Pământ. Dar există şi o excepţie: astronomii şi-ar dori un telescop pe faţa îndepărtată, deoarece acesta s-ar afla astfel la adăpost de emisiile artificiale venite de pe Pământ – ceea ce ar oferi un mare avantaj radioastronomilor, care încearcă să detecteze emisii cosmice foarte slabe.

Programul spaţial cu echipaj uman al NASA a fost restricţionat mereu, de la misiunile Apollo încoace, de presiunea publică şi politică menită să evite riscurile. Naveta spaţială a avut două eşecuri la 135 de lansări. Astronauţii sau piloţii de încercare ar accepta cu dragă inimă acest nivel de risc – mai mic de 2%. Dar naveta a fost promovată, în mod imprudent, ca un vehicul sigur pentru civili (iar o profesoară, Christa McAuliffe, din programul Profesor în Spaţiu al NASA, a fost una dintre

victimele dezastrului navetei *Challenger*). Fiecare eşec a produs o traumă naţională în Statele Unite şi a fost urmat de un hiatus, timp în care s-au făcut eforturi costisitoare (cu un efect extrem de limitat) pentru a fi reduse şi mai mult riscurile viitoare.

Sper că unii oameni de astăzi vor apuca să pună piciorul pe Marte – ca o aventură şi ca un pas înainte spre stele. Dar NASA va întâmpina obstacole politice în realizarea acestui scop în limitele unui buget realist. China are resursele necesare, o guvernare centralizată şi poate chiar şi voinţa de a-şi asuma un program similar lui Apollo. Dacă ar vrea să-şi afirme statutul de superputere printr-un „spectacol spaţial" şi să-şi proclame condiţia ei egală, China ar trebui mai degrabă să sară peste unele etape decât să reia pur şi simplu ceea ce au realizat Statele Unite cu cincizeci de ani mai devreme. Deja planifică o „premieră" prin aselenizarea pe faţa îndepărtată a Lunii. Un „mare salt înainte" mai evident ar implica urme de paşi pe Marte, nu doar pe Lună.

Lăsându-i deoparte pe chinezi, cred că viitorul zborurilor spaţiale cu echipaj uman stă în aventurierii finanţaţi în mod privat, pregătiţi să participe la programe cu preţ redus mult mai riscante decât cele pe care naţiunile occidentale le-ar putea impune civililor finanţaţi în mod public. SpaceX, condus de către Elon Musk (care produce şi maşinile electrice Tesla), sau proiectul concurent, Blue Origin, finanţat de Jeff Bezos, fondatorul Amazon, deţin nave andocate la staţia spaţială şi în curând vor oferi zboruri orbitale clienţilor plătitori. Aceste proiecte – care aduc cultura din Silicon Valley într-un domeniu ce a fost mult timp dominat de NASA şi de câteva conglomerate aerospaţiale – au arătat că este posibil să se recupereze şi să se refolosească prima treaptă a rachetei de lansare, prevestind reduceri substanţiale ale costurilor. Au inovat şi au îmbunătăţit rachetele mult mai repede decât au făcut-o NASA ori ESA – o rachetă SpaceX Falcon este capabilă să plaseze pe orbită o încărcătură de

cincizeci de tone. În viitor, rolul agenţiilor naţionale va fi diminuat – devenind mai asemănător cu rolul unui aeroport, decât cu al unei companii aeriene.

Dacă aş fi american, nu aş sprijini programul NASA de zboruri cu echipaj uman – aş susţine că în fruntea tuturor misiunilor cu echipaj uman ar trebui să se afle companii private conduse în mod inspirat, deoarece este vorba despre întreprinderi ieftine şi riscante. Ar exista în continuare mulţi voluntari – unii poate că ar accepta şi „bilete doar pentru dus” –, impulsionaţi de aceleaşi mobiluri ca primii exploratori sau alpinişti şi alţii ca ei. Într-adevăr, a venit vremea să depăşim mentalitatea conform căreia explorarea spaţiului ar trebui să fie un proiect naţional (sau chiar internaţional), precum şi retorica pretenţioasă în care cuvântul „noi” este întrebuinţat pentru a desemna omenirea în întregul ei. Există totuşi unele eforturi – abordarea schimbărilor climatice, de exemplu – care nu pot fi întreprinse fără o acţiune internaţională concertată. Explorarea spaţiului nu trebuie să aibă însă acelaşi caracter; ar putea necesita unele reglementări publice, dar impulsul poate fi şi unul privat sau corporatist.

Există planuri pentru excursii de o săptămână în jurul feţei îndepărtate a Lunii – călătorind mai departe de Pământ decât a ajuns cineva vreodată (dar evitându-se marile provocări ale aselenizării şi re-lansării). S-a vândut un bilet (mi s-a spus) pentru al doilea zbor de acest fel, dar nu şi pentru primul. Iar Dennis Tito, un întreprinzător şi fost astronaut, s-a oferit ca, atunci când va fi disponibilă o rachetă purtătoare de mare capacitate, să trimită oameni până pe Marte şi înapoi – fără amartizare. Această călătorie ar necesita cinci sute de zile petrecute în izolare. Echipajul ideal ar fi un cuplu stabil de vârstă mijlocie – suficient de vârstnic încât să nu fie deranjat de doza mare de radiaţii acumulată în decursul călătoriei.

Sintagma „turism spaţial” ar trebui evitată. Îi amăgeşte pe oameni şi-i face să creadă că astfel de

întreprinderi ar fi uzuale şi cu risc scăzut. Iar dacă aceasta va fi percepţia, accidentele inevitabile vor fi la fel de traumatizante precum cele ale navetei spaţiale. Aceste acţiuni îndrăzneţe trebuie „vândute” ca sporturi periculoase sau ca explorări curajoase.

Cel mai important impediment în ceea ce priveşte zborul spaţial, atât pe orbita Pământului, cât şi pentru cei care se aventurează mai departe, provine din ineficienţa intrinsecă a combustibilului chimic şi din necesitatea implicită ca rachetele purtătoare să transporte o cantitate de combustibil mult mai mare decât sarcina utilă. Câtă vreme suntem dependenţi de combustibilii chimici, călătoriile interplanetare vor rămâne doar o provocare. Energia nucleară ar putea schimba situaţia. Permiţând viteze de deplasare mult mai mari, ar reduce drastic timpul de tranzit până pe Marte sau către diverşi asteroizi (reducând nu doar plictiseala astronauţilor, ci şi durata expunerii lor la radiaţii nocive).

S-ar obţine o eficienţă sporită dacă rezerva de combustibil s-ar afla la sol şi nu ar trebui transportată în spaţiu. De exemplu, ar fi posibil din punct de vedere tehnic ca nava spaţială să fie propulsată pe orbită folosind un „lift spaţial” – un cablu din fibră de carbon lung de 30.000 de kilometri ancorat de Pământ (şi alimentat de la sol), întinzându-se vertical pe o distanţă mai mare decât cea la care se află o orbită geostaţionară, astfel încât să fie ţinut întins de forţele centrifuge. O schemă alternativă propune un puternic fascicul laser generat de pe Pământ care să împingă o „velă” ataşată navei spaţiale; această soluţie ar putea funcţiona în cazul sondelor spaţiale uşoare şi, în principiu, le-ar putea accelera până la 20% din viteza luminii6.

În treacăt fie spus, un combustibil mai eficient aflat la bord ar putea transforma zborul spaţial cu echipaj uman dintr-o operaţie de mare precizie într-una care aproape că nu ar mai cere vreo calificare. Şofatul ar fi o acţiune dificilă dacă, aşa cum se întâmplă în cazul zborurilor

spaţiale în prezent, întreaga călătorie ar trebui planificată dinainte în detaliu, cu posibilităţi minime de deviere de la traseu. Dacă ar exista combustibil din abundenţă pentru corecţii pe parcurs (şi pentru a accelera şi a frâna în voie), navigaţia interplanetară ar fi o acţiune care ar necesita o calificare mai redusă – mai simplă chiar decât aceea de a conduce o maşină sau un vapor, întrucât destinaţia se află mereu la vedere.

În jurul anului 2100, amatorii de senzaţii tari de genul lui (să zicem) Felix Baumgartner (paraşutistul austriac care în 2012 a depăşit viteza sunetului sărind dintr-un balon aflat la mare înălţime), s-ar putea să-şi fi stabilit deja „baze" independente de Pământ – pe Marte sau, poate, vreun asteroid. Elon Musk (născut în 1971), fondatorul companiei SpaceX, spune că vrea să moară pe Marte – dar nu în urma impactului. Să nu vă aşteptaţi însă vreodată la vreo emigrare în masă de pe Pământ. Iar aici sunt într-un total dezacord cu Musk şi cu regretatul meu coleg Stephen Hawking de la Cambridge, care s-au entuziasmat la ideea formării rapide a unor mari comunităţi pe Marte. Este o iluzie periculoasă să crezi că spaţiul va oferi o evadare în faţa problemelor de pe Pământ. Aceste probleme trebuie rezolvate aici. A face faţă schimbărilor climatice poate părea descurajant, dar este un fleac în comparaţie cu teraformarea lui Marte. Niciun alt loc din sistemul nostru solar nu oferă un mediu care să fie la fel de „blând" măcar ca Antarctica sau ca vârful Everest. Nu există o „Planetă B" pentru oamenii de rând care detestă riscul.

Dar noi (şi descendenţii noştri de aici, de pe Pământ) ar trebui să-i aplaudăm pe curajoşii aventurieri ai spaţiului, deoarece ei sunt cei care vor juca un rol esenţial în a deschide calea viitorului postuman şi a stabili ce se va întâmpla în secolul ce va urma şi chiar şi după aceea.

3.4. Spre o epocă postumană?

De ce vor fi atât de importanţi aceşti aventurieri ai spaţiului? Spaţiul cosmic este în mod inerent un mediu

ostil oamenilor. Aşadar, pentru că vor fi prost adaptaţi la noul lor habitat, pionierii exploratori vor avea un motiv mai convingător pentru a se reinventa decât noi, cei de pe Pământ. Vor utiliza superputernicele tehnologii genetice şi ale cyborgilor (organisme cibernetice) care vor fi dezvoltate în următoarele decenii. Aceste tehnologii vor fi, sperăm, strict reglementate pe Pământ, din motive care ţin de etică şi de prudenţă, dar „colonizatorii" de pe Marte vor fi departe de puterea celor care reglementează. Ar trebui să le urăm noroc în ceea ce priveşte modificarea propriilor descendenţi astfel încât să se adapteze la medii străine. Acesta ar putea fi şi primul pas spre separarea şi constituirea unei noi specii. Modificarea genetică ar fi completată de tehnologia cyborgilor – ba chiar ar putea avea loc o tranziţie spre inteligenţe complet anorganice. Prin urmare, calea către era postumană va fi deschisă de aventurierii care călătoresc în spaţiu, şi nu de aceia dintre noi care sunt confortabil adaptaţi la viaţa terestră.

Înainte de a pleca de pe Pământ, indiferent de destinaţie, exploratorii spaţiului vor şti ce-i aşteaptă la sfârşitul călătoriei deoarece sondele robotice îi vor fi precedat. Exploratorii europeni din secolele trecute care s-au aventurat să străbată Pacificul s-au afundat în necunoscut într-o măsură mult mai mare decât o va face oricare dintre exploratorii viitorului (şi au înfruntat pericole mai îngrozitoare) – căci nu au existat expediţii pregătitoare care să întocmească hărţi, aşa cum vor exista pentru aventurierii spaţiului. Viitorii călători în spaţiu vor putea în orice moment să comunice cu Pământul (chiar dacă cu o anumită întârziere). Dacă sondele de cercetare anterioare vor arăta că există minuni de explorat, motivul să o facă va fi unul convingător – la fel cum şi căpitanul Cook a fost motivat de biodiversitatea şi de frumuseţile insulelor din Pacific. Dar dacă nu există altceva decât un pustiu steril acolo, ar fi mai bine ca asemenea călătorii să fie lăsate pe seama roboţilor constructori.

Creaturile organice au nevoie de un mediu adecvat

pe suprafaţa unei planete, dar dacă fiinţele postumane vor face tranziţia către inteligenţele complet anorganice, nu vor mai avea nevoie de atmosferă. Şi s-ar putea să prefere gravitaţia zero, mai ales pentru construirea unor habitate extinse, dar cu greutate scăzută. Aşadar, departe în spaţiu – nu pe Pământ, şi nici măcar pe Marte – „creierele" nonbiologice ar putea să dezvolte puteri pe care oamenii nici măcar nu şi le pot imagina. Intervalele de timp necesare pentru progresul tehnologic nu înseamnă decât o clipă în comparaţie cu cele ale selecţiei naturale darwiniste care a dus la apariţia omului – şi (aspect şi mai relevant) ele reprezintă mai puţin de o milionime din vastele întinderi de timp cosmic care ne stau în faţă. Rezultatele evoluţiei tehnologice viitoare ar putea să-i depăşească pe oameni aşa cum noi depăşim (intelectualiceşte) protozoarele.

S-ar putea ca „anorganicii" – roboţii electronici inteligenţi – să dobândească supremaţia în cele din urmă. Şi asta deoarece există limite chimice şi metabolice pentru mărimea şi capacitatea de procesare ale creierelor organice „umede". Poate că deja aproape că le-am atins. Dar nicio astfel de limită nu va restricţiona calculatoarele electronice (şi cu atât mai puţin, poate, calculatoarele cuantice). Deci, după orice definiţie a „gândirii", volumul şi intensitatea proceselor din creierele organice de tip uman vor fi cu totul depăşite de activitatea cerebrală a IA. Ne aflăm, poate, aproape de finalul evoluţiei darwiniste, dar un proces mai rapid, de dezvoltare dirijată artificial a inteligenţei, abia începe. Se va derula cel mai repede departe de Pământ – nu m-aş aștepta la astfel de schimbări rapide ale omenirii (şi cu siguranţă nu mi le-aş dori) aici, pe Pământ, deşi supravieţuirea noastră va depinde de capacitatea de a ne asigura că IA de pe Pământ ne va rămâne „binevoitoare".

Filosofii dezbat problema „conştiinţei", întrebându-se dacă aceasta este proprie creierelor organice ale oamenilor, primatelor şi câinilor. Va fi oare posibil ca

roboţii, chiar dacă intelectul lor pare supraomenesc, să fie totuşi lipsiţi de conştiinţă de sine sau de viaţă lăuntrică? Răspunsul la această întrebare influenţează în mod crucial felul în care răspundem la „preluarea puterii” de către ei. Dacă maşinile ar fi nişte zombi, nu am acorda experienţelor lor aceeaşi valoare precum experienţelor noastre, iar viitorul postuman ar părea unul mohorât. Dar dacă ele vor fi conştiente, de ce n-ar trebui să ne bucurăm de perspectiva hegemoniei lor viitoare?

Scenariile pe care tocmai le-am descris ar avea drept consecinţă – fiind şi un sprijin pentru stima de sine a omenirii – faptul că, chiar şi în cazul în care viaţa va fi apărut doar pe Pământ, nu este necesar ca ea să rămână o trăsătură neesenţială a cosmosului; oamenii s-ar putea afla mai aproape de începutul decât de sfârşitul unui proces prin care inteligenţa tot mai complexă se răspândeşte în galaxie. Saltul spre stelele învecinate este doar una dintre primele etape ale acestui proces. Călătoriile interstelare – sau chiar intergalactice – nu i-ar înspăimânta pe cei ce vor fi aproape nemuritori.

Chiar dacă nu suntem ramura terminală a unui arbore evolutiv, noi, oamenii, ne-am putea asuma importanţa cosmică de a fi iniţiat tranziţia spre entităţi electronice (şi potenţial nemuritoare), care să-şi extindă influenţa mult dincolo de graniţele planetei noastre şi să ne depăşească cu mult limitele.

Dar, în acest caz, motivele şi constrângerile etice vor depinde de răspunsul la o mare întrebare a astronomilor: există deja viaţă – viaţă inteligentă – în univers?

3.5. Inteligenţă extraterestră?

Nişte dovezi clare pentru existenţa vegetaţiei, a unor insecte primitive sau a bacteriilor pe o exoplanetă ar fi importante. Dar ceea ce alimentează cu adevărat imaginaţia populară este posibilitatea să existe forme de viaţă avansate – „extratereştrii” familiari nouă din producţiile science-fiction7

Chiar dacă formele de viaţă primitive ar fi ceva

comun, formele de viaţă „avansate” ar putea să lipsească, căci apariţia lor poate depinde de multe împrejurări. Cursul evoluţiei pe Pământ a fost influenţat de erele glaciare, de istoria tectonică a planetei noastre, de impactul cu asteroizi şi aşa mai departe. Mai mulţi autori au speculat în legătură cu „strangulările” evoluţiei – faze-cheie care sunt greu de parcurs. Poate că tranziţia la viaţa pluricelulară (care a durat 2 miliarde de ani pe Pământ) a fost una dintre acestea. Sau „strangularea” ar fi putut surveni mai târziu. Dacă, de pildă, dinozaurii nu ar fi dispărut, lanţul evoluţiei mamiferelor care a dus la om ar fi putut lua sfârşit; nu putem şti dacă vreo altă specie ne-ar fi preluat rolul. Unii evoluţionişti privesc apariţia inteligenţei ca pe un eveniment improbabil, chiar şi într-o biosferă complexă.

Este posibil – şi chiar îngrijorător – să existe o „strangulare” în propria noastră fază de evoluţie – faza în care ne aflăm în acest secol, când viaţa inteligentă dezvoltă tehnologii puternice. Prognoza pe termen lung pentru viaţa „originară de pe Pământ” depinde de supravieţuirea omenirii dincolo de această fază – în pofida vulnerabilităţii la tipurile de riscuri pe care le-am discutat în capitolele anterioare. Pentru aceasta, nu este necesar ca nicio catastrofe terminală să nu se abată asupra Pământului, ci este suficient ca, înainte de ea, unii oameni sau unele artefacte să se fi răspândit dincolo de limitele planetei lor de origine.

După cum am subliniat, ştim prea puţine despre modul cum a apărut viaţa ca să putem spune dacă inteligenţa extraterestră este posibilă sau nu. Cosmosul ar putea fi plin de forme variate de viaţă complexă; dacă aşa stau lucrurile, putem năzui să devenim nişte membri mai puţin importanţi ai unui „club galactic”. Pe de altă parte, apariţia inteligenţei ar putea necesita un şir de evenimente atât de rar întâlnit – asemenea câştigului la loterie încât ea să nu fi apărut nicăieri altundeva. Acest fapt i-ar dezamăgi pe cei aflaţi în căutarea extratereştrilor, dar ar sugera că

Pământul nostru ar putea fi cel mai important loc din galaxie şi că viitorul său are consecinţe cosmice.

Ar fi pur şi simplu o descoperire epocală să detectăm vreun „semnal” cosmic vădit artificial – „bipuri” radio sau sclipiri luminoase provenind de la vreun laser celest care scanează Pământul. Căutarea Vieţii Extraterestre Inteligente (Searches for Extraterrestrial Intelligence, SETI) merită efortul, chiar dacă şansele de succes par minime, deoarece miza este extrem de mare. Căutările anterioare conduse de Frank Drake, Carl Sagan, Nikolai Kardaşev şi alţii nu au descoperit nimic artificial. Dar erau foarte limitate – ca şi cum ai afirma că nu există viaţă în oceane după ce ai analiza un pahar cu apă de mare. De aceea ar trebui să salutăm demararea proiectului Breakthrough Listen, un angajament pe zece ani al lui Iuri Milner, un investitor rus, de a rezerva contra cost timp pe radiotelescoapele cele mai bune din lume şi a dezvolta instrumente pentru scanarea cerului într-o manieră mai susţinută şi totodată mai extensivă decât până acum.

Cercetările vor acoperi o gamă largă de frecvenţe radio şi microunde, utilizând un echipament de procesare a semnalelor creat special în acest scop. Ele vor fi completate de căutarea unor „scânteieri” de lumină vizibilă sau de raze X care nu par a avea origini naturale. Mai mult, apariţia mediilor de socializare online şi a ştiinţelor colaborative sau „cetăţeneşti” va permite unei comunităţi globale de amatori entuziaşti să descarce date şi să participe la această aventură cosmică.

În cultura de masă, extratereştrii sunt reprezentaţi ca nişte fiinţe vag umanoide – în general bipede, poate şi cu tentacule sau ochi telescopici. Poate că astfel de creaturi există. Dar nu sunt tipul de extraterestru pe care e cel mai probabil să-l detectăm. Aş susţine cu tărie că o emisie extraterestră, dacă ar fi s-o descoperim, ar proveni mai degrabă de la nişte creiere electronice formidabil de complicate şi de puternice. Fac această inferenţă pe baza a ceea ce s-a petrecut pe Pământ şi – mai important – pe

baza aşteptărilor noastre legate de evoluţia vieţii şi a inteligenţei în viitorul îndepărtat. Primele microorganisme au apărut când Pământul era încă tânăr, acum aproape patru miliarde de ani; această biosferă primordială a evoluat devenind reţeaua minunat de complexă a vieţii de astăzi – din care şi noi, oamenii, facem parte. Dar oamenii nu sunt punctul terminus al acestui proces – ba chiar ar putea să nu fie plasaţi nici măcar la jumătatea lui. Aşa că evoluţia viitoare – epoca postumană, în care creaturile dominante nu vor fi din carne şi sânge – ar putea să mai dureze miliarde de ani.

Să presupunem că ar exista multe alte planete pe care viaţa a apărut şi că pe unele dintre ele evoluţia darwinistă ar fi urmat un traseu similar cu ceea ce s-a petrecut pe Pământ. Chiar şi atunci, este extrem de improbabil ca etapele-cheie să fi fost sincronizate. Dacă apariţia inteligenţei şi a tehnologiei pe o planetă ar fi semnificativ întârziată faţă de ceea ce s-a întâmplat pe Pământ (fie pentru că planeta este mai tânără, fie pentru că depăşirea „strangulărilor" a durat mai mult), atunci planeta respectivă nu ar oferi dovezi ale existenţei extratereştrilor. Dar în jurul unei stele mai vechi decât Soarele viaţa ar putea să fi apărut mai repede cu un miliard de ani sau chiar mai mulţi.

Istoria civilizaţiei tehnologice umane se măsoară în milenii (cel mult) – şi poate că au mai rămas doar un secol sau două până când oamenii vor fi ajunşi din urmă sau depăşiţi de inteligenţa anorganică, o inteligenţă care va persista şi va continua să evolueze miliarde de ani. Dacă inteligenţa „organică" umană este, în general, doar un scurt interludiu înainte ca maşinile să preia comanda, este extrem de improbabil să „prindem" inteligenţa extraterestră în timpul extrem de scurt în care aceasta mai este organică. Dacă ar fi să detectăm extratereştri, este cu mult mai probabil ca ei să fie electronici.

Şi chiar dacă cercetarea ar fi încununată de succes, tot ar fi improbabil ca „semnalul" să fie un mesaj posibil de

decodat. Ar fi mai degrabă un produs secundar (sau chiar o defecţiune) al unei maşinării supercomplexe, una aflată mult dincolo de puterea noastră de înţelegere, şi care şi-ar putea stabili ascendenţa până la nişte fiinţe extraterestre organice (ce s-ar putea să mai existe încă pe planeta lor de origine ori să fi dispărut de mult). Singurul tip de inteligenţă ale cărei mesaje le-am putea decoda ar fi (poate mici) subansambluri care întrebuinţează o tehnologie ce se potriveşte cu conceptele noastre limitate. Prin urmare, cum am putea şti dacă un semnal este un mesaj intenţionat sau doar o „scurgere" întâmplătoare? Am putea stabilivreo comunicare?

Filosoful Ludwig Wittgenstein a spus: „Dacă un leu ar putea vorbi, nu l-am putea înţelege". Ar fi „decalajul cultural" dintre noi şi extratereştri insurmontabil? Nu neapărat, cred eu. La urma urmei, dacă ar reuşi să comunice, ar avea în comun cu noi o anumită înţelegere a fizicii, matematicii şi astronomiei. Ar putea să vină de pe planeta Zog şi să aibă şapte tentacule; ar putea să fie metalici şi electronici. Dar ar fi compuşi din atomi similari cu ai noştri; ar privi (dacă ar avea ochi) acelaşi cosmos şi şi-ar urmări originea până la aceleaşi începuturi fierbinţi şi dense – Big Bangul de acum circa 13, 8 miliarde de ani. Nu putem spera însă că vom avea cu ei vreo conversaţie cu replici vioaie – dacă există, ei s-ar afla atât de departe de noi, încât schimbul de mesaje ar dura decenii sau chiar secole.

Chiar dacă inteligenţa ar fi larg răspândită în cosmos, s-ar putea să recunoaştem doar o mică şi atipică parte din ea. Anumite „creiere" ar putea împacheta realitatea în moduri pe care noi să nu le putem concepe. Altele ar putea duce o viaţă contemplativă prin care să-şi conserve energia, fără să facă nimic pentru a-şi dezvălui prezenţa. E logic să ne concentrăm atenţia mai întâi asupra planetelor asemănătoare Pământului şi care orbitează în jurul unor stele bătrâne. Dar autorii de science-fiction ne reamintesc că există şi posibilităţi mai

exotice. Mai cu seamă, obiceiul de a ne referi la o „civilizaţie extraterestră” ar putea fi prea restrictiv. O „civilizaţie” implică o societate de indivizi; în schimb, extratereştrii ar putea fi o inteligenţă unică, integrată. Chiar dacă ar emite semnale, s-ar putea ca noi să nu ne dăm seama că sunt artificiale pentru că e posibil să nu ştim cum să le decodăm. Un inginer electronist veteran familiarizat numai cu modulaţia în amplitudine ar întâmpina dificultăţi în decodarea comunicaţiilor fără fir moderne. Într-adevăr, tehnicile de compresie au scopul de a apropia cât mai mult semnalul de zgomot – drept urmare, în măsura în care un semnal este predictibil, e loc deşi mai multă compresie.

Atenţia s-a îndreptat până acum spre domeniul radio al spectrului. Dar, bineînţeles, în starea noastră de ignoranţă cu privire la ceea ce ar putea fi acolo, ar trebui să explorăm toate benzile de frecvenţe, să investigăm şi spectrul optic, şi cel al razelor X, şi să fim atenţi şi la alte semne posibile ale unor fenomene sau activităţi nenaturale. S-ar putea căuta dovezi ale existenţei moleculelor create artificial, precum clorofluorocarburile (CFC), în atmosfera unei exoplanete sau a unor artefacte masive precum o sferă Dyson. (Această idee, pe care o datorăm lui Freeman Dyson, presupune că o civilizaţie risipitoare de energie ar putea capta întreaga energie a stelei-părinte înconjurând-o cu celule fotovoltaice, iar „căldura reziduală” ar apărea ca emisie infraroşie.) Şi merită să căutăm artefacte în propriul nostru sistem solar; poate că vom elimina ipoteza vizitelor unor extratereştri de talie umană, dar dacă o civilizaţie extraterestră a ajuns să stăpânească nanotehnologia şi şi-a transferat inteligenţa unor maşini, „invazia” ar putea consta într-un roi de sonde microscopice care să ne fi scăpat atenţiei. Merită chiar să fim atenţi la obiectele deosebit de strălucitoare ori de forme ciudate ascunse printre asteroizi. Dar, cu siguranţă, este mai simplu să trimiţi un semnal radio sau laser decât să străbaţi distanţele uriaşe din spaţiul interstelar.

Cred că nici cei mai optimişti cercetători SETI nu şi-ar acorda o şansă de succes mai mare de câteva procente – iar cei mai mulţi dintre noi sunt şi mai pesimişti. Dar este atât de fascinant, încât pariul pare să merite făcut – cu toţii am vrea să vedem căutările începând chiar din timpul vieţii noastre. Există două maxime cunoscute care se referă la această căutare: „Afirmaţiile extraordinare au nevoie de dovezi extraordinare" şi, Absenţa dovezilor nu este o dovadă a absenţei".

De asemenea, trebuie să realizăm cât de surprinzătoare pot fi anumite fenomene naturale. De exemplu, în 1967, astronomii de la Cambridge au descoperit nişte „bipuri" radio care se repetau de câteva ori pe secundă. Ar fi putea fi acestea o transmisie extraterestră? Unii au fost dispuşi să accepte o astfel de posibilitate, dar în curând a devenit evident că acele bipuri proveneau de la un fel de obiect foarte dens, neidentificat până atunci: stele neutronice, care au doar câţiva kilometri în diametru şi se rotesc de câteva ori (uneori de câteva sute de ori) pe secundă, trimiţând din adâncul spaţiului înspre noi o radiaţie asemănătoare unui „fascicul de far". Studiul stelelor neutronice – dintre care sunt cunoscute câteva mii – s-a dovedit a fi un subiect extrem de incitant şi de fructuos, deoarece ele sunt manifestări fizice extreme, de pe când natura a creat condiţii pe care noi nu le-am putea reproduce niciodată în laborator8. Mai recent, a fost descoperită o nouă şi uimitoare clasă de „explozii radio", care au emisii mai puternice chiar decât pulsarii9, dar pentru care tendinţa generală este de a se căuta explicaţii naturale.

SETI depinde de filantropia privată. Eşecul în atragerea de fonduri publice mă surprinde. Dacă m-aş afla în faţa unui comitet guvernamental, m-aş simţi mai puţin vulnerabil şi mai în largul meu susţinând un proiect SETI decât solicitând fonduri pentru un nou şi imens accelerator de particule. Aceasta deoarece mii şi mii dintre cei care vizionează filme gen *Războiul stelelor* ar fi fericiţi dacă o

parte a veniturilor provenite din taxele pe care acestea le-au produs ar fi alocate pentru SETI.

Poate că într-o zi vom găsi dovezi ale vieţii extraterestre inteligente – sau chiar (deşi este mai puţin probabil) ne vom „cupla” la o minte cosmică. Pe de altă parte, s-ar putea ca Pământul nostru să fie unic, iar cercetările să eşueze. Cercetătorii ar fi dezamăgiţi. Dar ar exista un efect pozitiv asupra capacităţii de supravieţuire pe termen lung a omenirii. Sistemul nostru solar are abia o vârstă mijlocie, iar dacă oamenii vor evita autodistrugerea în secolul următor, o eră postumană va urma cu certitudine. Inteligenţa de pe Pământ s-ar putea răspândi în întreaga galaxie, evoluând într-o complexitate copleşitoare, mult dincolo de ceea ce ne-am putea imagina. Dacă se va întâmpla aşa, mica noastră planetă – acest palid punct albastru plutind în spaţiu – ar putea fi cel mai important loc din întregul cosmos.

În orice caz, habitatul nostru cosmic – acest firmament imens de stele şi galaxii – pare „proiectat” sau „calibrat” pentru a găzdui viaţa. De la un simplu Big Bang, s-a dezvoltat o uimitoare complexitate, care a dus la apariţia noastră ca indivizi. Chiar dacă astăzi suntem singuri în univers, s-ar putea să nu fim punctul culminant al acestei „deplasări” spre complexitate şi conştiinţă. Acest fapt ne spune ceva foarte profund despre legile naturii – şi justifică o scurtă digresiune, cea din capitolele următoare, despre cele mai largi orizonturi în timp şi spaţiu pe care le pot concepe cosmologii.

4. Limitele şi viitorul ştiinţei

4.1. De la simplu la complex

O speculaţie ficţională: să presupunem că o „maşină a timpului” ne-ar permite să trimitem un mesaj succint marilor oameni de ştiinţă din trecut – Newton sau Arhimede, de exemplu. Ce mesaj le-ar transmite cât mai multă informaţie şi le-ar transforma viziunea asupra lumii? Cred că ar fi minunata înţelegere a faptului că noi înşine – dar şi tot ce există în lumea înconjurătoare – suntem

compuşi din mai puţin de o sută de tipuri diferite de atomi: mult hidrogen, oxigen şi carbon, mici, dar esenţiale combinaţii de fier, fosfor şi alte elemente. Toate materiile – vii sau moarte – îşi datorează structura modelelor complicate în care atomii se agregă şi felului cum reacţionează. Toată chimia e determinată de interacţiunile dintre nucleele de atomi încărcate pozitiv şi roiul de electroni încărcaţi negativ de care sunt înconjurate.

Atomii sunt simpli; putem aşterne pe hârtie ecuaţiile mecanicii cuantice (ecuaţia lui Schrödinger) care descriu proprietăţile lor. La fel sunt, la scară cosmică, şi găurile negre, pe care le putem clarifica prin ecuaţiile lui Einstein. Aceste „elemente de bază" sunt înţelese suficient de bine pentru a le permite inginerilor să proiecteze toate obiectele lumii moderne. (Teoria relativităţii generalizate a lui Einstein şi-a găsit o aplicaţie practică în sateliţii GPS; ceasurile lor şi-ar pierde acurateţea dacă n-ar fi corectate adecvat în funcţie de gravitaţie.)

Structura complicată a tuturor organismelor vii atestă că straturile suprapuse ale complexităţii pot apărea ca rezultat al acţiunii unor legi fundamentale. Jocurile matematice ne pot ajuta să înţelegem cum nişte reguli simple, reiterate în mod repetat, pot avea consecinţe surprinzător de complicate.

John Conway, în prezent la Universitatea Princeton, este una dintre cele mai carismatice figuri ale matematicii1. Când preda la Cambridge, studenţii au înfiinţat o „societate de apreciere a lui Conway". Cercetarea sa academică ţine de o ramură a matematicii cunoscută drept teoria grupurilor. El a ajuns însă la un public mai larg şi a obţinut un impact intelectual mai mare prin elaborarea Jocului Vieţii.

În 1970, Conway experimenta cu modele pe o tablă de go; dorea să inventeze un joc care să înceapă cu un model simplu şi să folosească reguli simple pentru a se tot reitera. A descoperit că prin ajustarea regulilor şi a modelelor iniţiale, unele configuraţii produc rezultate

incredibil de complicate – aparent din senin, de vreme ce regulile jocului sunt atât de simple. Au apărut „creaturi” care se mişcau de-a lungul tablei de joc şi care păreau să aibă o viaţă proprie. Regulile simple specificau doar când un pătrat alb se transformă într-un pătrat negru (şi viceversa), dar, aplicate în mod repetat, dădeau naştere unei fascinante varietăţi de modele complicate. Adepţii jocului identificau obiecte precum „planoare”, „lansatoare de planoare” şi alte modele care se reproduceau.

Conway a experimentat mult cu metoda „învăţării din greşeli” înainte de a crea o „lume virtuală” simplă care permitea apariţia unei diversităţi interesante. A folosit pixul şi foaia de hârtie, pe vremea când încă nu existau calculatoare personale, dar implicaţiile Jocului Vieţii au devenit evidente doar când s-a putut utiliza viteza de procesare a calculatoarelor. În mod similar, primele PC-uri le-au permis lui Benoît Mandelbrot şi altora să traseze magnifice modele de fractali – arătând cum nişte formule matematice simple pot codifica o complexitate aparentă uluitoare.

Cei mai mulţi oameni de ştiinţă împărtăşesc perplexitatea exprimată într-un eseu clasic de fizicianul Eugene Wigner, intitulat „Eficienţa nerezonabilă a matematicii în ştiinţele naturale” 2. De asemenea, ei sunt de acord cu maxima lui Einstein potrivit căreia „cel mai de neînţeles lucru în privinţa Universului e că el poate fi înţeles”. Suntem uimiţi că lumea fizică nu este anarhică – şi că atomii se supun aceloraşi legi atât în galaxiile îndepărtate, cât şi în laboratoarele noastre. Aşa cum am observat deja (secţiunea 3.5), dacă vom descoperi vreodată extratereştri şi vom vrea să comunicăm cu ei, matematica, fizica şi astronomia ar fi probabil singura cultură comună. Matematica e limbajul ştiinţei – şi aşa a fost dintotdeauna, de când babilonienii au inventat calendarul lor şi au prezis eclipsele. (Unii dintre noi ar considera, într-un mod similar, că muzica e limbajul religiei.)

Paul Dirac, unul dintre pionierii teoriei cuantice, a

arătat cum logica internă a matematicii ar putea conduce către noi descoperiri. Dirac a afirmat că „metoda cea mai puternică pentru a progresa e să folosim toate resursele matematicii pure în încercarea de a perfecţiona şi a generaliza formalismul matematic, care constituie baza actuală a fizicii teoretice şi – după fiecare succes în această direcţie – să încercăm să interpretăm noile elemente matematice în termeni de entităţi fizice” 3. Această abordare – să ne îndreptăm încotro ne duce matematica – l-a condus pe Dirac la ideea antimateriei: „antielectronii”, cunoscuţi astăzi drept pozitroni, au fost descoperiţi la doar câţiva ani după ce el a formulat o ecuaţie care ar fi părut de neacceptat fără ei.

Teoreticienii din zilele noastre, având aceleaşi motivaţii ca şi Dirac, speră să înţeleagă realitatea la un nivel mai profund prin explorarea unor concepte precum teoria coardelor, care implică dimensiuni cu mult mai mici decât cele pe care le putem sonda în mod direct. În mod similar, la cealaltă extremă, unii explorează teorii cosmologice care sugerează că universul e mult mai întins decât „peticul” pe care-l putem observa cu telescoapele noastre (vezi secţiunea 4.3).

Fiecare structură din univers e compusă din „cărămizi” guvernate de legi matematice. Cu toate acestea, structurile sunt în general atât de complicate încât nici cele mai puternice computere nu le pot calcula. Dar poate că în viitorul îndepărtat inteligenţa postumană (nu într-o formă organică, ci în obiecte care evoluează autonom) va dezvolta supercomputere cu o putere de procesare care să permită simularea organismelor vii şi chiar a unor lumi întregi. Poate că fiinţele avansate vor folosi supercomputere pentru a simula un „univers” care depăşeşte cu mult modelele de pe o tablă (precum jocul lui Conway) sau chiar cele mai reuşite „efecte speciale” din filme sau din jocurile pe calculator. Să presupunem că ar putea simula un univers la fel de complex precum cel în care percepem că ne aflăm. Apare atunci un gând

tulburător (deşi e o speculaţie extravagantă): poate că asta chiar suntem de fapt!

4.2. Să înţelegem lumea noastră complexă

Posibilităţi care odinioară erau de domeniul SF-ului au intrat astăzi în dezbaterea ştiinţifică serioasă. De la primele momente ale Big Bangului la posibilitatea existenţei vieţii extraterestre, oamenii de ştiinţă sunt puşi în faţa unor lumi chiar mai bizare decât cele imaginate de majoritatea scriitorilor de ficţiune. La prima vedere, s-ar putea crede că e o dovadă de aroganţă să pretindem – sau chiar să încercăm – să înţelegem cosmosul îndepărtat, în vreme ce există atât de multe lucruri în jurul nostru care ne derutează.

Dar aceasta nu este neapărat o evaluare justă. Un întreg mai simplu decât părţile sale nu are nimic paradoxal. Imaginaţi-vă o cărămidă obişnuită – forma ei poate fi descrisă prin câteva numere. Însă dacă o spargeţi, fragmentele ei nu mai pot fi descrise la fel de succint.

Progresul ştiinţific pare „peticit”. Deşi poate să pară ciudat, unele dintre cel mai bine înţelese fenomene ţin de cosmosul îndepărtat. Chiar şi în secolul al XVII-lea, Newton a putut descrie „mecanica cerească”, iar eclipsele au putut fi deopotrivă înţelese şi prezise. Dar puţine alte lucruri sunt la fel de previzibile, chiar dacă le înţelegem. De pildă, este dificil să prevedem, chiar şi numai cu o zi înainte, dacă cei care vor călători pentru a observa o eclipsă vor avea un cer senin sau noros. De fapt, în cele mai multe contexte, există o limită fundamentală care stabileşte cât de departe în timp putem să prognozăm. Aceasta deoarece unele contingenţe mărunte – dacă un fluture dă sau nu din aripi, de pildă – pot avea consecinţe care cresc exponenţial. Din motive similare, nici cel mai minuţios calcul nu poate să prognozeze vremea în Marea Britanie nici măcar cu câteva zile înainte. (Dar – şi acest aspect este important – asta nu împiedică predicţiile legate de schimbarea pe termen lung a climei, nici nu ne diminuează convingerea că va fi mai rece în ianuarie decât

în iulie).

Astăzi, astronomii pot atribui în mod convingător infime vibraţii dintr-un detector de unde gravitaţionale unei „ciocniri” între două găuri negre aflate la o depărtare de peste un miliard de ani lumină de Pământ4. În schimb, competenţa noastră în nişte chestiuni familiare care ne interesează pe toţi – dieta şi îngrijirea copilului, spre exemplu – este în continuare atât de limitată, încât sfaturile „experţilor” se schimbă de la un an la altul. Când eram tânăr, laptele şi ouăle erau considerate benefice; un deceniu mai târziu, erau socotite periculoase din pricina conţinutului ridicat de colesterol; iar astăzi par să fie considerate din nou inofensive. Aşadar, fanii ciocolatei şi ai brânzeturilor s-ar putea să nu mai aibă mult de aşteptat până să afle că aceste alimente sunt benefice pentru ei. În plus, nu există încă niciun leac pentru multe dintre afecţiunile cele mai comune.

Dar, de fapt, nu este nimic paradoxal în faptul că am ajuns la înţelegerea certă a unor fenomene cosmice obscure şi îndepărtate, în timp ce suntem confuzi în ce priveşte problemele care ţin de domeniul cotidianului. Motivul este că astronomia se ocupă cu fenomene mult mai puţin complexe decât cele cu care se ocupă biologia şi ştiinţele umane (sau chiar ştiinţele mediului „local”).

* * *

Aşadar, cum ar trebui să definim sau să măsurăm complexitatea? O definiţie formală a fost sugerată de matematicianul rus Andrei Kolmogorov: complexitatea unui obiect depinde de lungimea celui mai scurt program de calculator care ar putea genera o descriere completă a lui.

Ceva compus din numai câţiva atomi nu poate fi foarte complicat. Nici obiectele mari nu sunt neapărat complexe. Gândiţi-vă, de pildă, la un cristal – chiar dacă ar fi mare, nu ar fi considerat complex. De exemplu, reţeta pentru un cristal de sare e scurtă: luaţi atomi de sodiu şi de clor şi combinaţi-i în mod repetat până ajungeţi la o

structură cubică. Invers, dacă luaţi un cristal mare şi-l despicaţi, nu se schimbă mai nimic până când e fărâmiţat la scară atomică. În pofida dimensiunilor gigantice, o stea e şi ea relativ simplă. Centrul ei este atât de fierbinte încât nu pot exista substanţe chimice (moleculele complexe sunt desfăcute); este, de fapt, un gaz amorf de nuclee atomice şi electroni. În realitate, găurile negre, chiar dacă par stranii, sunt unele dintre cele mai simple entităţi din natură. Pot fi descrise precis prin ecuaţii care nu sunt mai complicate decât cele ce descriu un singur atom.

Obiectele noastre de înaltă tehnologie sunt complexe. De exemplu, un cip de siliciu cu un miliard de tranzistor! are structură la toate nivelurile până la câţiva atomi. Dar cele mai complexe sunt organismele vii. Un animal are o structură internă interconectată pe mai multe niveluri diferite – de la proteinele din celulele individuale, până la membre şi la organele majore. Nu-şi păstrează esenţa dacă este „despicat”. Moare. Oamenii sunt mai complecşi decât atomii sau stelele (şi, în treacăt fie spus, ca masă se află la mijloc între cele două; pentru a compune Soarele am avea nevoie cam de tot atâtea corpuri omeneşti câţi atomi sunt în fiecare din noi). „Reţeta” genetică pentru o fiinţă umană este codificată în trei miliarde de legături ADN. Dar nu suntem determinaţi în totalitate de genele noastre; suntem modelaţi de mediul şi experienţele noastre. Creierul nostru e cel mai complex lucru din univers pe care îl cunoaştem. Gândurile şi amintirile (codificate de neuronii noştri) sunt mult mai variate decât genele.

Totuşi, există o diferenţă importantă între „complexitatea Kolmogorov” şi faptul că un anumit lucru pare complicat. De pildă, Jocul Vieţii al lui Conway conduce la structuri cu aspect complicat. Dar acestea pot fi descrise toate printr-un program simplu: iei o anumită poziţie de start, apoi faci iteraţii, iar şi iar, urmând regulile simple ale jocului. Modelul extrem de complicat de fractal al mulţimii lui Mandelbrot este, la fel, rezultatul unui algoritm simplu. Dar acestea sunt excepţii. Cele mai multe

lucruri din mediul nostru cotidian sunt prea complicate pentru a fi prezise sau chiar pentru a fi descrise în întregime şi detaliat. Dar o mare parte din esenţa lor poate fi surprinsă cu toate acestea în câteva intuiţii-cheie. Perspectiva noastră a fost transformată de mari idei unificatoare. Conceptul deplasării continentelor (tectonica plăcilor) ne ajută să îmbinăm o mulţime de tipare geologice şi ecologice de pe tot globul. Perspectiva lui Darwin privind evoluţia prin selecţie naturală dezvăluie unitatea atotcuprinzătoare a întregii reţele a vieţii de pe planetă. Iar spirala dublă a ADN-ului dezvăluie fundamentul universal al eredităţii. Există tipare în natură. Există tipare chiar şi în comportamentul omenesc – în felul cum cresc oraşele, cum se propagă epidemiile şi cum se dezvoltă tehnologiile precum cipurile pentru calculatoare. Cu cât înţelegem mai bine lumea, cu atât ea devine mai puţin derutantă şi cu atât suntem mai capabili s-o schimbăm.

Ştiinţele pot fi privite ca o ierarhie, ordonate ca etajele unei clădiri, cele care tratează sistemele mai complexe fiind plasate în partea superioară: fizica particulelor la subsol, apoi restul fizicii, apoi chimia, apoi biologia celulară, apoi botanica şi zoologia, apoi ştiinţele comportamentale şi cele umane (iar economiştii ar revendica mansarda).

„Ordonarea” ştiinţelor în această ierarhie nu e controversată. Mai controversat e însă sensul în care ştiinţele de la „etajele inferioare” – fizica particulelor în special – sunt mai profunde sau mai fundamentale decât celelalte. Într-un fel, chiar şi sunt. Aşa cum a remarcat fizicianul Steven Weinberg: „Toate săgeţile sunt îndreptate jos”. Altfel spus, dacă întrebi întruna „De ce? De ce? De ce?”, ajungi la nivelul particulelor. Oamenii de ştiinţă sunt aproape toţi reducţionişti în maniera lui Weinberg; au încredere că totul, oricât de complex ar fi, este o soluţie la ecuaţia lui Schrödinger – spre deosebire de „vitaliştii” din epocile anterioare, care credeau că toate organismele vii

sunt îmbibate cu o anumită esenţă „specială”. Dar acest reducţionism nu este folositor din punct de vedere conceptual. Cum a subliniat un alt mare fizician, Philip Anderson, „mai mult înseamnă diferit”: sistemele macroscopice care conţin un număr mare de particule manifestă proprietăţi „emergente” şi pot fi înţelese cel mai bine în funcţie de noi concepte, adecvate nivelului sistemului.

Chiar şi un fenomen atât de puţin misterios precum curgerea apei prin conducte sau în râuri e înţeles potrivit unor concepte „emergente” ca vâscozitatea şi turbulenţa. Specialiştilor în mecanica fluidelor nu le pasă că apa este compusă de fapt din molecule de H_2O; ei văd apa ca pe un continuum. Chiar dacă ar avea un hipercomputer care ar putea rezolva ecuaţia lui Schrödinger pentru curgere, atom cu atom, simularea rezultată n-ar putea furniza nicio înţelegere a modului în care se sparg valurile sau a motivului pentru care o curgere devine turbulentă. Iar noi concepte ireductibile sunt şi mai importante pentru înţelegerea noastră referitoare la fenomene cu adevărat complicate – de pildă, migraţia păsărilor sau creierul omenesc. Fenomene situate la diferite niveluri ierarhice sunt înţelese în funcţie de diferite concepte – turbulenţă, supravieţuire, alertă etc. Creierul este o îmbinare de celule; o pictură este o îmbinare de pigmenţi.

Dar importante şi interesante sunt tiparele şi structura: complexitatea emergentă.

De aceea, analogia cu clădirea este slabă. Întreaga structură a clădirii este periclitată de o fundaţie şubredă. În schimb, ştiinţele de la „nivelurile superioare” care au ca obiect sistemele complexe nu sunt vulnerabile din pricina unei temelii nesigure, aşa cum este o clădire. Fiecare ştiinţă are propriile concepte şi moduri de explicare distincte. Reducţionismul este adevărat într-un anumit sens. Dar este rareori adevărat într-un sens *util*. Doar în jur de 1% dintre oamenii de ştiinţă se ocupă cu fizica particulelor sau cu cosmologia. Ceilalţi 99% lucrează la

nivelurile „superioare” ale ierarhiei. Pentru ei, constituie o provocare complexitatea subiectelor proprii, nu deficienţele în înţelegerea fizicii subnucleare.

4.3. Cât de departe se întinde realitatea fizică?

Soarele s-a format acum 4, 5 miliarde de ani, dar mai are în jur de 6 miliarde de ani până va rămâne fără combustibil. Apoi va exploda, înghiţind planetele din preajmă. Iar universul în expansiune va continua – probabil pe vecie – să devină tot mai rece şi tot mai gol. Ca să-l citez pe Woody Allen, eternitatea e foarte lungă, mai ales spre sfârşit.

Fiinţele care vor fi martore la extincţia Soarelui nu vor fi oameni – vor fi la fel de diferite de noi cum suntem noi faţă de gândaci. Evoluţia postumană – pe Terra şi mult dincolo de graniţele ei – ar putea fi la fel de îndelungată ca evoluţia darwinistă din care am apărut noi – şi chiar mai captivantă. Iar evoluţia se accelerează acum; ea se poate produce prin „design inteligent” la o scală temporală tehnologică, operând mult mai rapid decât selecţia naturală şi stimulată fiind de progresele din genetică şi IA. Viitorul pe termen lung aparţine probabil „vieţii” electronice, nu celei organice (vezi secţiunea 3.3).

În termeni cosmologici (sau chiar într-un cadru temporal darwinist), un mileniu e doar o clipă. Aşadar, să „derulăm repede înainte” nu doar câteva secole sau chiar milenii, ci un interval temporal „astronomic” de milioane de ori mai mult de atât. „Ecologia” naşterilor şi pieirii stelor din galaxia noastră va continua tot mai lent, până când va fi zdruncinată de un impact cu galaxia Andromeda, probabil peste patru miliarde de ani. Reziduurile galaxiei noastre, Andromeda şi „partenerii” mai mărunţi – care acum constituie ceea ce se numeşte Grupul Local – vor agrega apoi într-un roi amorf de stele.

La scara cosmică, atracţia gravitaţională e învinsă de o misterioasă forţă latentă din spaţiul vid care îndepărtează galaxiile unele de celelalte. Galaxiile accelerează şi dispar dincolo de orizont, oarecum ca într-o

versiune inversată a ceea ce se întâmplă când un corp este înghiţit de o gaură neagră. După 100 de miliarde ani, vizibile vor mai fi doar stelele moarte şi muribunde din Grupul nostru Local. Dar acest proces ar putea continua trilioane de ani – timp suficient, probabil, pentru ca tendinţa pe termen lung pentru sistemele vii să câştige în complexitate şi pentru ca „entropia negativă" să atingă punctul culminant. Toţi atomii care au fost cândva în componenţa stelelor şi a gazului ar putea fi transformaţi în structuri la fel de complicate ca un organism viu sau un cip de siliciu, dar la o scară cosmică. Pe un fundal tot mai întunecat, protonii ar putea să se descompună, particulele de materie întunecată să se transforme în energie radiantă, scânteieri ocazionale să apară când găurile negre se vor evapora – iar apoi se va lăsa tăcerea.

În 1979, Freeman Dyson (deja menţionat în secţiunea 2.1) a publicat un articol care a devenit clasic, al cărui scop era de „a stabili limitele numerice între care trebuie să rămână soarta universului" 5. Dacă toate informaţiile de care dispunem ar fi optim convertite într-un calculator sau într-o superinteligenţă, ar mai exista oare limite privind cantitatea de date ce poate fi procesată? Ar putea fi gândit un număr infinit de gânduri? Răspunsul depinde de cosmologie. Se consumă mai puţină energie pentru a utiliza calculatorul la temperaturi joase. Pentru universul în care păre că ne aflăm, limita lui Dyson ar fi finită, dar ea ar fi maximizată dacă „gânditorii" ar rămâne „reci" şi ar gândi lent.

Cunoaşterea noastră în privinţa spaţiului şi a timpului e incompletă. Relativitatea lui Einstein (care descrie gravitaţia şi cosmosul) şi principiul cuantic (esenţial pentru înţelegerea scalei atomice) sunt cei doi piloni ai fizicii secolului XX, dar încă nu există o teorie care să le unifice. Ideile actuale sugerează că progresul va depinde de înţelegerea deplină a ceea ce ar putea să pară cea mai simplă dintre toate entităţile – „purul" spaţiu gol (vidul) este arena a tot ce se întâmplă; s-ar putea să aibă o

textură bogată, dar la o scară de un trilion de trilioane de ori mai mică decât un atom. Potrivit teoriei coardelor, fiecare „punct” din spaţiul obişnuit, dacă ar fi privit printr-o lupă cu această putere de mărire, ar putea arăta ca un origami bine pliat în câteva dimensiuni suplimentare.

Aceleaşi legi fundamentale se aplică în întregul domeniu pe care îl putem observa prin telescoape. Dacă lucrurile n-ar sta astfel – dacă atomii ar avea un comportament „anarhic” n-am fi progresat deloc în înţelegerea universului perceptibil. Dar realitatea fizică ar putea să treacă dincolo de limitele acestui domeniu care poate fi observat; unii cosmologi speculează că Big Bangul „nostru” nu a fost unicul şi că realitatea fizică e suficient de mare pentru a cuprinde un întreg „multivers”.

Putem observa doar un volum finit – un număr finit de galaxii. Acest lucru e hotărâtor pentru că există un anumit orizont, un anumit înveliş în jurul nostru, care delimitează cea mai mare distanţă de la care lumina poate ajunge la noi. Dar acest înveliş nu are mai multă semnificaţie fizică decât cercul care delimitează orizontul nostru atunci când suntem în mijlocul oceanului. Chiar şi astronomii conservatori sunt convinşi că volumul spaţiului-timp din raza telescoapelor noastre – ceea ce astronomii au numit în mod tradiţional „universul” – e doar o fracţiune infimă din rezultatul Big Bangului. Dincolo de orizont s-ar putea găsi mult mai multe galaxii, neobservabile, fiecare dintre ele (împreună cu inteligenţele pe care le găzduieşte) fiind capabilă să evolueze într-un mod destul de asemănător cu a noastră.

Este bine-cunoscută ideea conform căreia dacă unui număr suficient de maimuţe li s-ar da suficient timp, ar bate la maşină operele lui Shakespeare (şi chiar toate celelalte cărţi, ca şi orice şir de bolboroseli pe care ni-l putem imagina). Acest enunţ e corect din punct de vedere matematic. Dar numărul de „eşecuri” care ar preceda succesul final are vreo zece milioane de cifre. Chiar şi numărul atomilor din universul vizibil are doar optzeci de

cifre. Dacă toate planetele din galaxia noastră ar fi ticsite cu maimuţe care ar fi început să dactilografieze încă de la formarea primelor planete, ele ar fi izbutit cel mult să dactilografieze un singur sonet (rezultatele ar include scurte fragmente coerente din întreaga literatură a lumii, dar nicio operă care să fie completă). Crearea unui set specific de litere la fel de lung ca o carte este extrem de improbabilă, într-o asemenea măsură încât nu s-ar fi putut întâmpla nici măcar o dată în universul observabil. Când aruncăm zarurile, ni se întâmplă să dăm un lung şir de 6 – 6, dar (în afară de cazul în care sunt măsluite) nu am putea spera să dăm mai mult de o sută la rând, chiar dacă am continua un miliard de ani.

Cu toate acestea, dacă universul se întinde suficient de departe, orice ar fi posibil – undeva, mult dincolo de orizontul nostru, ar putea chiar să existe o copie a Pământului. Pentru aceasta, spaţiul ar trebui să fie FOARTE mare – descris de un număr nu numai cu un milion de cifre, ci cu zece la puterea 100 de cifre: un unu urmat de o sută de zerouri. Zece la puterea 100 este numit un googol şi un număr cu un googol de zerouri e un googolplex.

Dacă ar exista suficient spaţiu şi timp, toate lanţurile de evenimente ce pot fi concepute ar putea avea loc undeva, deşi aproape toate s-ar petrece mult dincolo de raza oricăror observaţii pe care le-am putea noi face. Opţiunile combinatorice ar putea include copii ale noastre, care ar face toate alegerile posibile. Ori de câte ori trebuie făcută o anumită alegere, una dintre copii ar recurge la fiecare opţiune. Aţi putea avea sentimentul că o alegere pe care o faceţi este „determinată”. Dar ar putea fi o consolare că undeva, foarte departe (mult dincolo de orizontul observaţiilor noastre), aveţi un avatar care a făcut alegerea inversă.

Toate acestea ar putea să facă parte din rezultatele Big Bangului „nostru”, care ar putea să cuprindă un volum imens. Şi asta nu e tot. Ceea ce am numit în mod

tradiţional „universul” – rezultatul Big Bangului „nostru” – ar putea fi doar o insulă, doar un petic de spaţiu-timp, într-un arhipelag potenţial infinit. S-ar putea să fi fost mai multe Big Banguri, nu doar unul. Fiecare componentă a acestui „multivers” ar putea să se fi răcit în mod diferit, ajungând, poate, să fie guvernată de legi diferite. La fel cum Pământul este o planetă foarte specială între nenumărate altele, tot aşa – dar la o scară mult mai mare – şi Big Bangul nostru ar putea să fi fost unul destul de special. În această perspectivă cosmică extrem de extinsă, legile lui Einstein şi cele cuantice ar putea fi doar nişte legi auxiliare locale care guvernează peticul nostru cosmic. Aşadar, nu numai că spaţiul şi timpul ar putea fi „granulate” la o scară submicroscopică, ci, la cealaltă extremă – la scări mult mai mari decât cele pe care le pot examina astronomii –, şi ele ar putea să aibă o structură la fel de complicată ca fauna unui ecosistem bogat. Concepţia noastră actuală asupra realităţii fizice ar putea fi la fel de limitată în raport cu întregul precum perspectiva asupra Pământului pe care ar putea să o aibă o vietate microscopică al cărei „univers” este o lingură de apă.

Ar putea fi acest lucru adevărat? O provocare pentru fizica secolului XXI este să afle răspunsul la două întrebări. În primul rând, au fost mai multe Big Banguri sau doar unul? în al doilea rând – şi chiar mai interesant dacă au fost mai multe, au fost ele guvernate de acelaşi tip de fizică?

Dacă trăim într-un multivers, acest lucru ar implica o a patra şi cea mai mare revoluţie copernicană; am avut revoluţia copernicană în sine, apoi am înţeles faptul că sunt miliarde de sisteme planetare în galaxia noastră; apoi că sunt miliarde de galaxii în universul nostru observabil. Dar acum asta nu e tot. Întreaga panoramă pe care o pot observa astronomii ar putea fi doar o infimă parte a consecinţelor Big Bangului „nostru”, care e numai unul dintr-un ansamblu poate infinit.

(La prima vedere, conceptul universurilor paralele ar

putea părea prea misterios pentru a avea un impact practic. Dar, în una dintre variantele sale, ar putea să ofere perspectiva unui tip cu totul nou de calculator: calculatorul cuantic, care poate transcende chiar şi limitele celui mai rapid procesor digital prin distribuirea sarcinii de calcul între un număr cvasi-infinit de universuri paralele.)

Acum cincizeci de ani, nu eram siguri dacă a existat un Big Bang. De pildă, mentorul meu de la Cambridge, Fred Hoyle, contesta conceptul în favoarea unui cosmos „în stare stabilă", etern şi neschimbător. (N-a fost niciodată cu adevărat convins – în ultimii ani de viaţă, a adoptat o idee de compromis care ar putea fi numită un „Bang stabil".) Astăzi avem destule dovezi pentru a trasa istoria cosmică până la ultradensitatea primei nanosecunde, cu acelaşi nivel de încredere ca al unui geolog care face deducţii despre istoria de început a planetei. Aşadar, peste încă cincizeci de ani, nu este exagerat de optimist să sperăm că am putea avea o teorie fizică „unificată", coroborată cu experimentul şi observaţia din lumea cotidiană, care să fie suficient de cuprinzătoare pentru a descrie ce s-a întâmplat în prima trilionime de trilionime de trilionime de secundă, când densităţile şi energiile depăşeau cu mult limitele în care se aplică teoriile actuale. Dacă teoria viitoare ar prezice Big Banguri multiple, ar trebui să tratăm cu seriozitatea această predicţie, chiar dacă nu poate fi verificată direct (la fel cum credem ceea ce ne spune teoria lui Einstein despre interiorul neobservabil al găurilor negre, pentru că teoria a supravieţuit multor teste în domenii pe care le putem observa).

Spre sfârşitul acestui secol, am putea fi în măsură să ne întrebăm dacă trăim sau nu într-un multivers şi câtă diversitate prezintă „universurile" lui constitutive. Răspunsul la această întrebare ne va arăta cum ar trebui să interpretăm universul favorabil vieţii în care trăim (împărţindu-l cu extratereştrii cu care am putea să intrăm în contact într-o bună zi).

Cartea mea din 1997, *Before the Begining* (înaintea începutului) 6, făcea speculaţii despre un multivers. Argumentele erau motivate parţial de caracterul aparent „biofil" şi bine adaptat al universului nostru. Astfel, n-ar fi nicio surpriză dacă realitatea fizică ar îmbrăţişa un întreg ansamblu de universuri care ar face să varieze legile şi constantele fundamentale. Cele mai multe dintre ele ar fi născute moarte sau sterile, dar noi ne-am găsi într-unul dintre acelea în care legile permit complexitatea emergentă. Ideea a fost susţinută de teoria „inflaţiei cosmice" din anii 1980, care a oferit indicii noi legate de modul în care întreg universul nostru observabil ar fi putut „încolţi" dintr-un eveniment de mărime microscopică. S-a bucurat de o şi mai mare atenţie atunci când teoreticienii coardelor au început să susţină posibilitatea existenţei mai multor viduri diferite – fiecare dintre ele fiind o arenă pentru o microfizică guvernată de legi diferite.

De atunci şi până astăzi, am urmărit în permanenţă şi îndeaproape evoluţia schimbării opiniilor şi afirmarea acestor idei (recunoscute ca speculative). În 2001, am contribuit la organizarea unei conferinţe pe această temă. A avut loc la Cambridge, dar nu la universitate. Am găzduit-o la mine acasă, la o fermă de la marginea oraşului, într-un şopron modificat care a oferit un spaţiu cam auster pentru discuţiile noastre. Câţiva ani mai târziu, am avut o nouă conferinţă. De data aceasta, locul de desfăşurare a fost foarte diferit: o încăpere destul de impunătoare de la Trinity College, cu portretul lui Newton (cel mai faimos absolvent al universităţii) în spatele podiumului.

Teoreticianul Frank Wilczek (faimos pentru rolul său, încă de când era student, în formularea „modelului standard" al fizicii particulelor) a participat la ambele întâlniri. Când a luat cuvântul la cea de-a doua, a comparat atmosfera celor două întruniri.

El a descris fizicienii de la prima conferinţă drept voci „radicale" în pustie, care promovau de mulţi ani

argumente stranii despre conspiraţii privind constantele universale şi universurile alternative. Preocupările şi abordările lor păreau total străine de consensul avangardei fizicii teoretice, preocupat să construiască cu succes un univers unic şi perfect matematic. Dar la a doua conferinţă, el a observat că „avangarda se pusese în mişcare pentru a se alătura profeţilor în pustie”.

Acum câţiva ani, făceam parte dintr-o comisie la Universitatea Stanford, iar cel care o prezida ne-a întrebat: „Pe scara «aţi paria pe peştișorul dumneavoastră auriu, pe câinele ori pe viaţa dumneavoastră», cât de încrezători sunteţi în legătură cu conceptul de multivers?”. Am răspuns că sunt aproape la nivelul câinelui. Andrei Linde, un cosmolog rus care îşi petrecuse douăzeci şi cinci de ani promovând o teorie a „inflaţiei eterne”, a spus că aproape că ar paria pe viaţa lui. Mai târziu, când i s-au relatat toate acestea, eminentul teoretician Steven Weinberg a spus că ar paria bucuros pe câinele lui Martin Rees şi viaţa lui Andrei Linde.

Andrei Linde, câinele meu şi cu mine vom fi cu toţii morţi înainte de rezolvarea chestiunii. Nu e metafizică. E ceva extrem de speculativ. Dar e ştiinţă incitantă. Şi ar putea fi adevărată.

4.4. Va eşua ştiinţa?

O caracteristică a ştiinţei este că în timp ce frontierele cunoaşterii noastre se extind, noi mistere, aflate imediat dincolo de frontiere, ajung în centrul atenţiei. Descoperirile neaşteptate s-au dovedit a fi mereu captivante în domeniul astronomiei, care este şi al meu. În fiecare domeniu vor exista, la fiecare nivel, „necunoscute necunoscute”. (Donald Rumsfeld a fost ironizat pentru că a spus asta într-un context diferit – dar avea, desigur, dreptate şi poate că lumea ar fi avut de câştigat dacă el ar fi devenit filosof.) Dar există o întrebare mai profundă. Sunt oare lucruri pe care nu le vom şti niciodată pentru că se află dincolo de capacitatea de înţelegere a minţii noastre? Sunt creierele noastre apte pentru înţelegerea

tuturor trăsăturilor-cheie ale realităţii?

De fapt, ar trebui să ne minunăm că deja am înţeles atât de multe. Intuiţia omenească a evoluat pentru a ţine pasul cu fenomenele cotidiene pe care le întâlneau strămoşii noştri îndepărtaţi în savana africană. Creierele noastre nu s-au schimbat prea mult de atunci, astfel încât e remarcabil că pot pricepe comportamentele contraintuitive din lumea cuantică şi din cosmos. Am emis mai sus ipoteza că răspunsurile la multe mistere actuale vor ajunge în centrul atenţiei în deceniile următoare. Dar poate că nu toate; unele trăsături-cheie ale realităţii s-ar putea să fie dincolo de înţelegerea noastră conceptuală. S-ar putea ca în anumite cazuri să eşuăm; ar putea să existe fenomene, cruciale pentru destinul nostru pe termen lung şi pentru o înţelegere completă a realităţii fizice, de care să nu fim conştienţi, la fel cum o maimuţă e incapabilă să înţeleagă natura stelelor şi a galaxiilor. Dacă extratereştrii există, unii dintre ei ar putea avea „creiere” care le structurează conştiinţa într-o manieră pe care noi n-o putem concepe şi care posedă o percepţie a realităţii cu totul diferită.

Suntem deja asistaţi de puterea de procesare a calculatoarelor. În „lumea virtuală” din interiorul unui calculator, astronomii pot imita formarea galaxiilor sau pot face o altă planetă să se ciocnească de Pământ pentru a vedea dacă aşa s-ar fi putut forma Luna; meteorologii pot simula atmosfera, pentru prognoze meteo şi pentru prezicerea tendinţelor climatice pe termen lung; neurologii pot simula cum interacţionează neuronii. Aşa cum jocurile video devin tot mai elaborate pe măsură ce consolele devin mai puternice, tot aşa, pe măsură ce va creşte puterea calculatoarelor, aceste experimente „virtuale” vor deveni mai realiste şi mai folositoare.

Mai mult, nu există niciun motiv pentru care sistemele de calcul nu vor putea face descoperiri care au ocolit creierele omeneşti neasistate. De exemplu, anumite substanţe sunt conductoare perfecte de electricitate când

sunt răcite la temperaturi foarte scăzute (supraconductoare). Se caută în continuare „reţeta” pentru un supraconductor care funcţionează la temperatura obişnuită a camerei (cea mai mare temperatură supraconductoare care a fost atinsă până acum este de aproximativ – 135°C la presiuni normale şi ceva mai ridicată, în jur de – 70°, pentru hidrogenul sulfurat la o presiune extrem de mare). Ar deveni astfel posibile transportul de electricitate transcontinental fără pierderi şi trenurile cu levitaţie magnetică eficiente.

Această căutare e laborioasă şi se bazează pe metoda „învăţării din greşeli”. Dar devine posibil să calculăm proprietăţile materialelor şi să o facem atât de rapid încât să fie calculate milioane de variante, mult mai repede decât ar putea fi efectuate experimentele reale. Să presupunem că o maşină ar fi reuşit să elaboreze o formulă unică şi de succes. Ar fi putut să izbutească în acelaşi mod ca Alpha Go. Dar ar fi realizat un lucru care i-ar fi adus un premiu Nobel unui om de ştiinţă. S-ar fi comportat ca şi cum ar fi avut intuiţie şi imaginaţie în limitele universului ei destul de specializat – la fel cum Alpha Go i-a consternat şi impresionat pe campionii de şah umani cu unele dintre mutările sale. În mod similar, căutarea compoziţiei chimice optime pentru noile medicamente va fi făcută adesea tot de către calculatoare în dauna experimentelor reale, la fel cum de mulţi ani inginerii din aeronautică au simulat fluxul de aer care loveşte aripile avionului cu ajutorul programelor de calculator în loc să depindă de experimente în tunelele aerodinamice.

La fel de importantă este capacitatea de a discerne mici tendinţe sau corelaţii prin procesarea unor seturi enorme de date. Ca să iau un exemplu din genetică, anumite combinaţii de gene determină calităţi precum inteligenţa şi înălţimea. Pentru a identifica aceste combinaţii ar fi necesară o maşină suficient de rapidă încât să exploreze mostre extinse de genoame şi să identifice mici corelaţii. Procedee similare sunt folosite de cei care

tranzacţionează produse financiare când analizează tendinţele pieţei şi răspund rapid la ele, astfel încât investitorii lor să-şi poată lua partea leului din fondurile disponibile.

În treacăt fie spus, teza mea conform căreia există limite pentru ceea ce pot înţelege creierele omeneşti a fost contestată de David Deutsch, un fizician care a iniţiat concepte-cheie precum „calculator cuantic”. În cartea sa excelentă şi provocatoare *The Begining of Infinity* (începutul infinitului) 7 el a arătat că orice proces, în principiu, poate fi calculat. E adevărat. Totuşi, capacitatea de a calcula ceva nu este identică cu înţelegerea profundă a acelui ceva. Să ne gândim la un exemplu din geometrie, în care punctele dintr-un plan sunt desemnate prin două numere, distanţa pe axa *ox* şi pe axa *oy*. Oricine a studiat geometria la şcoală ar recunoaşte că ecuaţia *x1* + y2 = 1 descrie un cerc. Faimoasa mulţime a lui Mandelbrot e descrisă de un algoritm care poate fi pus pe hârtie în câteva rânduri. Iar forma sa poate fi trasată chiar de un calculator modest – „complexitatea sa Kolmogorov” nu este atât de ridicată. Dar nicio fiinţă umană căreia i se dă pur şi simplu algoritmul nu poate sesiza şi vizualiza acest model de „fractal” extrem de complicat la fel de lesne cum poate vizualiza cercul.

Ne putem aştepta şi la alte progrese ştiinţifice spectaculoase în cursul acestui secol. Multe întrebări care ne lasă perplecşi acum îşi vor găsi răspuns şi noi întrebări, pe care nici măcar nu le putem formula azi, vor fi puse. Cu toate acestea, ar trebui să rămânem deschişi la posibilitatea ca, în pofida tuturor eforturilor noastre, unele adevăruri fundamentale despre natură să fie prea complexe pentru a fi înţelese de creierele omeneşti neasistate.

E posibil chiar ca să nu înţelegem niciodată misterul acestor creiere înseşi – modul în care atomii pot constitui o „materie cenuşie” ce poate să devină conştientă de sine şi să cugete asupra originilor sale. Ori poate că orice univers

suficient de complex pentru a fi permis apariţia noastră este tocmai din acest motiv prea complex pentru a fi înţeles de minţile noastre.

E o chestiune care merită dezbătută dacă viitorul pe termen lung va aparţine unor fiinţe postumane sau maşinilor inteligente. Dar am fi prea antropocentrici dacă am crede că este în puterea omenirii să ajungă la o înţelegere completă a realităţii fizice şi că pentru descendenţii noştri postumani nu vor mai exista enigme.

4.5. Cum rămâne cu Dumnezeu?

Dacă prima întrebare pusă astronomilor este „Suntem singuri în univers?”, a doua este cu siguranţă „Credeţi în Dumnezeu?”. Răspunsul meu împăciuitor este că nu cred, dar că împărtăşesc cu mulţi dintre credincioşi un sentiment de uimire şi de mister.

Interfaţa dintre ştiinţă şi religie generează în continuare controverse, chiar dacă din secolul al XVII-lea încoace nu s-a produs nicio schimbare esenţială. Descoperirile lui Newton au declanşat o serie de replici religioase (şi antireligioase). Cu atât mai mult a declanşat asemenea replici Charles Darwin în secolul al XIX-lea. Oamenii de ştiinţă contemporani manifestă varii atitudini religioase. Printre ei există credincioşi tradiţionali, dar şi atei dogmatici. Perspectiva mea personală – una plicticoasă pentru cei care vor să promoveze un dialog constructiv (sau chiar o dezbatere neconstructivă) între ştiinţă şi religie – este că, dacă avem ceva de învăţat din activitatea ştiinţifică, e că până şi ceva atât de elementar precum un atom este destul de greu de înţeles. Acest fapt ar trebui să trezească scepticismul faţă de orice dogmă şi faţă de orice pretenţie de a fi dobândit mai mult decât o cunoaştere foarte incompletă şi metaforică asupra oricărui aspect profund al existenţei. După cum spunea Darwin într-o scrisoare către biologul american Aşa Gray: „Am sentimentul foarte acut că întreg subiectul e prea profund pentru intelectul omenesc. Un câine ar putea la fel de bine să speculeze asupra minţii lui Newton. Să lăsăm pe fiecare

să nădăjduiască şi să creadă aşa cum poate” 8.

Creaţionişti cred că Dumnezeu a creat Pământul mai mult sau mai puţin aşa cum e – fără niciun orizont pentru apariţia unor specii noi sau a unei complexităţi superioare şi fără să prea dea atenţie restului cosmosului. Este imposibil să combaţi, prin logică pură, chiar şi pretenţia cuiva că universul ar fi fost creat acum o oră, împreună cu toate amintirile noastre şi toate vestigiile istoriei mai îndepărtate. Conceptele „creaţioniste” se bucură în continuare de influenţă în rândul multor creştini evanghelici americani şi în zone ale lumii musulmane. În Kentucky există un „muzeu al creaţiei”, în care găsim ceea ce promotorii săi descriu drept o Arcă a lui Noe „în mărime naturală”, lungă de 155 de metri, a cărei construcţie a costat 150 de milioane de dolari.

O variantă mai sofisticată – „design inteligent” – este acum mai în vogă. Această concepţie acceptă evoluţia, dar neagă că selecţia naturală arbitrară ar putea fi responsabilă pentru lanţul imens de evenimente care a dus la apariţia noastră. Accentul este pus mai ales asupra stadiilor în care o componentă-cheie a organismelor vii pare să fi cerut mai degrabă o serie de paşi evoluţionari decât un salt unic, iar paşii intermediari n-ar fi conferit în sine un avantaj pentru supravieţuire. Această manieră de argumentare este însă asemănătoare creaţionismului tradiţional. „Credinciosul” se concentrează pe anumite detalii (şi sunt multe) care nu sunt încă înţelese şi argumentează că ceea ce pare un mister constituie o hibă fundamentală în teorie. Orice poate fi „explicat” prin invocarea intervenţiei supranaturale. Aşadar, dacă succesul e măsurat prin deţinerea unei explicaţii, oricât ar fi ea de „trăsnită”, atunci „designerii inteligenţi” vor câştiga întotdeauna.

Însă o explicaţie are valoare doar în măsura în care integrează fenomene disparate şi le raportează la un principiu unic fundamental sau la o idee unificatoare. Un atare principiu este selecţia naturală darwinistă, aşa cum a

fost ea prezentată în *Originea speciilor*, o carte pe care autorul a descris-o drept „o lungă argumentare”. De fapt, prima mare idee unificatoare a fost legea gravitaţiei descoperită de Newton, care a identificat atracţia gravitaţională familiară ce ne ţine pe pământ şi care face un măr să cadă cu forţa de tipul celei ce menţine Luna şi planetele pe orbitele lor. Datorită lui Newton, nu mai trebuie să înregistrăm căderea fiecărui măr.

Designul inteligent datează din vremea unor argumente clasice: un design are nevoie de un designer. Cu două secole în urmă, teologul William Paley a introdus bine-cunoscuta metaforă a ceasului şi ceasornicarului – menţionând ca dovezi în favoarea existenţei unui Creator9 mărinimos ochiul, degetul mare opozabil ş.a.m.d. Astăzi privim fiecare modificare biologică drept rezultatul selecţiei evoluţioniste prelungite şi al simbiozei cu mediul ambiant. Argumentele lui Paley au devenit nepopulare chiar şi în rândul teologilor10.

Paley considera că astronomia nu e cea mai propice ştiinţă pentru furnizarea de dovezi în favoarea unui proiect inteligent, dar că, „odată ce aceasta e dovedită, ea arată, mai mult decât toate celelalte, dimensiunile operaţiunilor [Creatorului]”. Poate că Paley ar fi reacţionat diferit dacă ar fi ştiut de fizica aparent providenţială care a condus la apariţia galaxiilor, stelelor, planetelor şi a elementelor distinctive ale tabelului periodic. Încă de la începutul său, universul s-a născut simplu – un Big Bang – definit de o reţetă destul de concisă. Dar legile fizice sunt mai degrabă „date”, nu se poate spune că au evoluat. Afirmaţiile că această reţetă pare să fie mai degrabă una specială nu pot fi atât de rapid respinse precum „dovezile” biologice ale lui Paley (iar o explicaţie posibilă în termenii unui multivers a fost menţionată în secţiunea 4.3).

Un omolog modern al lui Paley, John Polkinghorne, care s-a ocupat cândva cu fizica matematică, interpretează habitatul nostru bine reglat drept „creaţia unui Creator care vrea ca lucrurile să fie aşa cum sunt” 11. Am avut

dezbateri publice plăcute cu Polkinghorne; când eram student la Cambridge, mi-a predat fizică. Din perspectiva mea, teologia lui e prea antropocentrică şi prea îngustă pentru a fi credibilă. Polkinghorne nu e adeptul „designului inteligent”, dar crede că Dumnezeu poate influenţa lumea cu un „ghiont” sau o „pişcătură” în locuri şi la momente în care rezultatul e deosebit de sensibil la mici schimbări – obţinându-se un maximum de impact cu un efort minim şi ascuns cu uşurinţă.

Când mă întâlnesc cu unii clerici creştini (sau cu omologii lor din alte religii), încerc să mă interesez de ceea ce ei consideră a fi „elementele fundamentale” – „minimul teoretic” care trebuie acceptat de adepţii lor. Este evident că mulţi creştini consideră învierea un eveniment istoric şi fizic. Polkinghorne cu siguranţă o consideră astfel; el o îmbracă în formă fizică, susţinând că Hristos a trecut într-o stare materială foarte deosebită, care ne e rezervată şi nouă, celorlalţi, atunci când va veni apocalipsa. Iar în mesajul lui de Paşti, din 2018, arhiepiscopul de Canterbury, Justin Welby, a declarat că dacă învierea „e doar o poveste sau o metaforă, sincer, ar trebui să-mi dau demisia”. Dar câţi catolici cred cu adevărat în cele două miracole – partea „practică” a examinării – pe care un potenţial candidat trebuie să le îndeplinească pentru a accede la titlul de sfânt? Sunt realmente consternat că atât de mulţi oameni au o credinţă cu un conţinut atât de literal.

M-aş descrie drept un creştin practicant, dar necredincios. Conceptul paralel este răspândit printre evrei: sunt mulţi cei care urmează ceremoniile tradiţionale – aprinderea lumânărilor vineri seara ş.a.m.d. Dar asta nu înseamnă că acordă religiei lor vreo întâietate, şi cu atât mai puţin că ar pretinde că ea posedă vreun adevăr unic. S-ar putea chiar să se descrie pe ei înşişi ca atei. În mod similar, în calitate de „creştin cultural”, îmi place să particip (chiar dacă nu cu regularitate) la ritualurile Bisericii Anglicane, cu care m-am obişnuit de mic copil.

Ateii radicali se concentrează prea mult totuşi pe dogma religioasă şi pe ceea ce se numeşte „teologie naturală” – căutând dovezi ale supranaturalului în lumea fizică. Ar trebui să fie conştienţi de existenţa unor indivizi „religioşi” care, în mod vădit, nu sunt nici lipsiţi de inteligenţă, nici naivi. Atacând religia convenţională, în loc să caute să coexiste paşnic cu aceasta, ei slăbesc alianţa împotriva fundamentalismului şi a fanatismului.

Slăbesc totodată ştiinţa. Dacă unui tânăr musulman sau unui creştin evanghelic i se spune că nu poate să-l aibă pe Dumnezeul său şi să accepte evoluţia, va opta pentru Dumnezeul său şi va fi pierdut pentru ştiinţă. Adepţii celor mai multe religii acordă o mare importanţă aspectelor colective şi ritualice ale credinţei lor – ba chiar mulţi dintre ei consideră ritualul prioritar în raport cu credinţa. Când există atât de multe aspecte care ne separă, iar schimbarea este îngrijorător de rapidă, împărtăşirea unor asemenea ritualuri creează legături în cadrul unei comunităţi. Iar tradiţiile religioase, asociind adepţii cu generaţiile trecute, ar trebui să întărească preocuparea noastră de a nu lăsa moştenire generaţiilor viitoare o lume degradată.

Această direcţie de gândire face tranziţia către tema mea finală: cum ar trebui să răspundem provocărilor secolului XXI şi să reducem distanţa dintre lumea aşa cum este ea astăzi şi cea în care ne-ar plăcea să trăim şi pe care am dori s-o împărţim cu restul „creaţiei”?

5. Concluzii

5.1. Practica ştiinţei

Capitolul 1 al acestei cărţi a scos în evidenţă transformările care au apărut în acest secol – fără precedent prin viteza şi prin impactul lor asupra mediului înconjurător. Capitolul 2 s-a concentrat asupra progreselor ştiinţifice la care ne putem aştepta în deceniile următoare, reliefând beneficiile, dar şi dilemele etice şi riscul lor perturbator sau chiar catastrofal. Capitolul 3 a explorat orizonturi mai largi atât în spaţiu, cât şi în timp –

speculând asupra tărâmurilor care se întind mult dincolo de frontierele planetei noastre şi asupra perspectivelor cu privire la un viitor „postuman”. Capitolul 4 a evaluat posibilităţile de a ne înţelege pe noi înşine şi lumea la un nivel mai profund – ce am putea învăţa şi ce ar putea să rămână mereu dincolo de înţelegerea noastră. În ultimele pagini mă voi concentra mai mult asupra a ceea ce se întâmplă aici şi acum – pentru a explora, pe acest fundal, rolul oamenilor de ştiinţă. Fac deosebire între obligaţiile lor speciale şi cele care ne revin tuturor, în calitate de indivizi şi de cetăţeni preocupaţi de lumea pe care o vor moşteni generaţiile viitoare.

Dar, mai întâi, e necesară o clarificare importantă: folosesc termenul de „ştiinţă” ca o expresie prescurtată ce se referă inclusiv la tehnologie şi inginerie. Utilizarea şi implementarea unui concept ştiinţific în scopuri practice poate fi o provocare mai mare decât descoperirea iniţială. Un desen animat favorit al prietenilor mei ingineri arată doi castori care privesc spre un imens baraj al unei hidrocentrale. Un castor îi spune celuilalt: „Nu l-am construit eu, dar e bazat pe ideea mea”. Şi îmi face plăcere să le reamintesc colegilor mei teoreticieni că inginerul suedez Gideon Sundback, cel care a inventat fermoarul, a făcut un salt intelectual mai mare decât vor face vreodată cei mai mulţi dintre noi.

Se crede că oamenii de ştiinţă urmează o procedură specifică numită metodă ştiinţifică. O asemenea opinie ar trebui abandonată. Ar fi mai adevărat dacă am spune că oamenii de ştiinţă urmează acelaşi mod raţional de judecată ca şi avocaţii sau detectivii în categorisirea fenomenelor şi evaluarea probelor. O neînţelegere înrudită (şi chiar dăunătoare) e presupunerea încetăţenită că ar exista o calitate oarecum „elitistă” a modului lor de gândire… Abilitatea academică” este doar o faţetă a conceptului mult mai cuprinzător de abilitate intelectualăposedată în egală măsură de cei mai buni jurnalişti, avocaţi, ingineri şi politicieni. E.O. Wilson

(ecologul citat în secţiunea 1.4) susţine că pentru a fi eficient în anumite domenii ale ştiinţei e de preferat să nu fii prea strălucit1. El nu minimalizează intuiţiile şi momentele de genul „Evrika” ce marchează (deşi rareori) activitatea oamenilor de ştiinţă. Dar, în calitate de expert mondial în zeci de mii de specii de furnici, cercetarea lui Wilson a presupus decenii de adevărată trudă: să teoretizezi stând în fotoliu nu e suficient. Apare riscul plictiselii. Şi fireşte că Wilson are dreptate atunci când spune că cine îşi poate concentra atenţia doar pentru scurt timp – cine are o minte distrată – ar putea să-şi găsească o îndeletnicire mai antrenantă (deşi mai puţin utilă) ca dealer de „tranzacţii la milisecundă” pe Wall Street ori similar.

Oamenii de ştiinţă nu preţuiesc în mod special filosofia, dar unii filosofi rezonează cu ei. Karl Popper, de exemplu, a trezit interesul multor oameni de ştiinţă în a doua jumătate a secolului XX2. A avut dreptate când a spus că o teorie ştiinţifică trebuie să fie în principiu refiitabilă. Dacă o teorie este atât de flexibilă – sau susţinătorii ei par să fie atât de ingenioşi – încât să poată fi adaptată oricărei eventualităţi, atunci nu este autentic ştiinţifică. Reîncarnarea este un exemplu. Într-o carte faimoasă, biologul Peter Medawar3 a criticat aspru psihanaliza ffeudiană din acest punct de vedere, într-un mod oarecum controversat, înfigând în cele din urmă cu hotărâre cuţitul: „Considerată în ansamblul ei, psihanaliza nu funcţionează. Mai mult, e un produs final, precum un dinozaur sau un zepelin; nicio teorie superioară nu poate fi ridicată pe ruinele ei, care vor rămâne pentru totdeauna unele dintre cele mai triste şi ciudate repere în istoria gândirii din secolul XX”. Dar doctrina popperiană are totuşi două puncte slabe. În primul rând, interpretarea depinde de context. Gândiţi-vă, de pildă, la experimentul Michelson-Morley, care a arătat; la sfârşitul secolului al XIX-lea, că viteza luminii (măsurată cu un ceas în laborator) era constantă, oricât de rapid s-ar fi mişcat

laboratorul, şi aceeaşi în toate zilele anului, în pofida mişcării Pământului. Ulterior s-a demonstrat că acest fapt este o consecinţă naturală a teoriei lui Einstein. Dar dacă acelaşi experiment ar fi fost efectuat în secolul al XVII-lea, ar fi fost invocat drept dovadă a faptului că Pământul e imobil – şi declarat ca fiind o contestare a teoriilor lui Copernic. În al doilea rând, e necesară judecata pentru a decide cât de convingătoare trebuie să fie dovada contrară înainte ca o teorie care se bucură de sprijin să fie abandonată. Aşa cum se pare că ar fi spus Francis Crick, copărtaş la descoperirea structurii ADN-ului, nu e o veste bună dacă o teorie se potriveşte cu toate faptele, pentru că unele „fapte" sunt probabil greşite.

Depăşit doar de POpper, filosoful american Thomas Kuhn a devenit celebru inventând conceptul de „ştiinţă normală" marcată de „schimbările de paradigmă" 4. Revoluţia copernicană, cu răsturnarea conceptului de cosmos ce are în centru Pământul, poate fi considerată o schimbare de paradigmă. La fel şi înţelegerea faptului că atomii sunt guvernaţi de efecte cuantice – cu adevărat contraintuitiv şi încă misterios. Dar mulţi dintre discipolii lui Kuhn (deşi poate nu şi Kuhn însuşi) au folosit prea liber expresia „schimbare de paradigmă". De pildă, se susţine în mod curent că Einstein l-a detronat pe Newton. E mai onest să spunem că l-a depăşit. Teoria lui Einstein se aplică într-un context mai larg, în care forţele sunt foarte mari sau vitezele foarte ridicate, şi a oferit o înţelegere mult mai profundă a gravitaţiei, spaţiului şi timpului. Modificarea parţială a teoriilor şi integrarea lor în altele noi, cu un grad mai mare de generalitate, a fost o regulă în cele mai multe ştiinţe5.

Ştiinţele necesită diferite tipuri de expertiză şi diferite stiluri: ele pot fi practicate de teoreticieni speculativi, experimentatori singuratici, ecologişti care culeg date de teren ori echipe cvasi-industriale care lucrează la acceleratoare gigantice de particule sau la mari proiecte spaţiale. Cel mai adesea, activitatea

ştiinţifică se bazează pe colaborare şi dezbatere în cadrul unui mic grup de cercetare. Unii aspiră să scrie un articol revoluţionar care să deschidă un domeniu nou; alţii sunt mai satisfăcuţi când elaborează o monografie definitivă care sistematizează şi clarifică un subiect după ce acesta a devenit bine-cunoscut.

Într-adevăr, ştiinţele sunt la fel de diverse ca sporturile. E dificil, atunci când scrii la modul general despre sport, să depăşeşti generalităţile găunoase – să elogiezi trăsătura competitivă a omenirii ş.a.m.d. E mai interesant să scrii despre trăsăturile distinctive ale unui sport anume; şi mai fascinante sunt particularităţile unor jocuri extrem de captivante şi personalităţile unor jucători celebri. La fel e şi cu ştiinţele. Fiecare ştiinţă particulară are metodele şi convenţiile ei. Iar ceea ce ne trezeşte cel mai mult interesul este fascinaţia descoperirii sau a intuiţiei individuale.

Progresul cumulativ al ştiinţelor necesită noi tehnologii şi noi instrumente – desigur, în simbioză cu teoria şi intuiţia. Unele instrumente pot începea pe o masă modestă de lucru. La cealaltă extremă, Marele Accelerator de Hadroni de la CERN din Geneva, cu diametrul de 9 kilometri, este la ora actuală cel mai complex instrument ştiinţific din lume. Finalizarea sa, în 2009, a generat o publicitate entuziastă şi un mare interes public, dar, în acelaşi timp, a ridicat întrebarea îndreptăţită de ce a fost făcută o investiţie atât de mare în ştiinţa aparent ocultă a fizicii subnucleare. Dar aspectul deosebit al acestei ramure a ştiinţei este că practicienii săi din numeroase ţări şi-au dedicat o mare parte din resursele lor pe o durată de aproape douăzeci de ani pentru construirea şi operarea unui singur instrument gigantic, într-o colaborare condusă de europeni. Contribuţia anuală a naţiunilor participante (precum Marea Britanie) se ridică la numai 2% din bugetul lor total dedicat ştiinţelor academice, ceea ce nu pare o alocare disproporţionată pentru un domeniu fundamental care prezintă atâtea provocări. Această colaborare globală

la un singur proiect pentru a investiga unele dintre misterele fundamentale ale naturii – şi a duce tehnologia până la limitele sale – este în mod sigur ceva cu care civilizaţia noastră se poate mândri. În mod similar, instrumentele astronomice sunt operate astăzi de consorţii multinaţionale, iar unele dintre ele sunt proiecte cu adevărat globale – de pildă, la buna funcţionare a radiotelescopului ALMA din Chile (Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array) contribuie ţări din Europa, Statele Unite şi Japonia.

Cei care se lansează în cercetare ar trebui să aleagă un subiect potrivit personalităţii lor, dar şi aptitudinilor şi preferinţelor lor (fie muncă de teren, fie modelare pe calculator, fie experimente de mare precizie, fie manipularea unor seturi imense de date ş.a.m.d.). Mai mult, cercetătorilor tineri li se poate părea extrem de satisfăcător să aleagă un domeniu în care lucrurile avansează rapid – în care au acces la tehnici noi, la calculatoare mai puternice sau la baze de date mai mari –, astfel încât experienţa generaţiilor anterioare să îşi piardă mult din relevanţă. Şi încă ceva: nu este întotdeauna înţelept să te îndrepţi direct către cea mai importantă sau fundamentală problemă. Ar trebui să înmulţeşti importanţa problemei cu probabilitatea de a o rezolva tu şi să maximizezi rezultatul. Cei care aspiră să devină oameni de ştiinţă n-ar trebui să se înghesuie cu toţii spre, de exemplu, unificarea cosmosului şi a cuantelor, cu toate că este în mod evident una dintre culmile intelectuale pe care sperăm să le atingem, şi ar trebui să-şi dea seama că marile provocări din cercetarea cancerului şi din neurologie nu trebuie atacate frontal, ci din anumite unghiuri disciplinare specifice. (Aşa cum am menţionat în secţiunea 3.5, investigarea originii vieţii era inclusă şi ea în această categorie, dar, în prezent, e socotită la ordinea zilei şi mai uşor de gestionat, aşa cum nu a fost până de curând.)

Ce putem spune despre cei care trec la un nou

domeniu ştiinţific la mijlocul carierei? Abilitatea de a avea o nouă înţelegere şi o perspectivă nouă este un „plus” – într-adevăr, cele mai dinamice domenii depăşesc adeseori graniţele disciplinare tradiţionale. Pe de altă parte, opinia general acceptată este că oamenii de ştiinţă nu devin mai buni cu vârsta, ci se „epuizează”. Fizicianul Wolfgang Pauli avea o celebră remarcă umilitoare pentru oamenii de ştiinţă trecuţi de treizeci de ani: „Atât de tineri şi deja atât de necunoscuţi”. Sper însă că a nu fi atât de fatalist în calitate de om de ştiinţă matur nu înseamnă a confunda dorinţele cu realitatea. Se pare că există trei destine pentru noi. Primul şi cel mai comun este o diminuare a concentrării pe cercetare – uneori compensată de eforturi energice în alte direcţii, alteori doar de o cufundare în lene. O a doua cale, urmată de unii dintre cei mai importanţi oameni de ştiinţă, este o diversificare necumpătată şi prezumţioasă în alte câmpuri disciplinare. Cei care urmează, această cale „fac ştiinţă” în continuare, din perspectiva lor – vor să înţeleagă lumea şi cosmosul, dar nu-şi mai găsesc împlinirea în cercetarea tradiţională a unui sector particular: tind prea sus, uneori spre jena admiratorilor lor. Acest sindrom a fost agravat de tendinţa de a-i scuti de critică pe cei eminenţi şi în vârstă – deşi unul dintre multele beneficii ale unei societăţi mai puţin ierarhizate este că izolarea e azi mai rară, cel puţin în Occident; mai mult, caracterul din ce în ce mai colaborativ al ştiinţei micşorează riscul de izolare. Dar mai există şi o a treia cale – cea mai demnă de admirat. Aceasta este să-ţi continui activitatea în domeniul în care eşti competent, acceptând că ar putea exista anumite tehnici noi pe care cei tineri le pot asimila mai uşor şi că, probabil, poţi aspira, în cel mai bun caz, să-ţi păstrezi nivelul, nu să atingi noi culmi.

Există şi unele cazuri de „recoltă târzie”. Dar în timp ce sunt mulţi compozitori ale căror opere târzii sunt cele mai reuşite, există prea puţini oameni de ştiinţă pentru care lucrurile stau la fel. În opinia mea, aceasta se

întâmplă deoarece compozitorii, cu toate că au fost influenţaţi în tinereţe (ca şi oamenii de ştiinţă) de cultura şi stilul predominante ale epocii, pot să progreseze ulterior şi să atingă noi profunzimi exclusiv prin „dezvoltare interioară”. Spre deosebire de ei, oamenii de ştiinţă trebuie să asimileze încontinuu concepte şi tehnici noi dacă vor să rămână în vârf – iar acest lucru devine mai dificil odată cu înaintarea în vârstă.

Multe ştiinţe – printre care astronomia şi cosmologia – avansează deceniu după deceniu, astfel încât cei care le practică pot observa o „curbă a progresului” chiar în timpul carierei lor. Paul Dirac, un lider al revoluţiei extraordinare din anii 1920 care a pus bazele teoriei cuantice, a spus că a fost o epocă în care oamenii „de rangul doi” făceau muncă „de prim rang”. Din fericire pentru generaţia mea de astronomi, acest lucru a fost adevărat şi în disciplina noastră în ultimele decenii.

Cele mai bune laboratoare, ca şi cele mai bune companii aflate la început de drum, ar trebui să fie medii optime pentru ideile originale şi tinerele talente. Dar există o tendinţă demografică perfidă care acţionează împotriva acestui aspect în universităţile şi institutele tradiţionale. Acum cincizeci de ani, profesia de om de ştiinţă încă era în creştere exponenţială, profitând de expansiunea educaţiei superioare, iar tinerii îi întreceau numeric pe cei în vârstă; mai mult, era obişnuit (şi de obicei obligatoriu) să te pensionezi la 65 de ani. Astăzi, comunitatea academică, cel puţin în Occident, nu se mai dezvoltă atât de mult (în mai multe domenii a atins chiar nivelul de saturaţie) şi nu mai există vârstă de pensionare obligatorie. În deceniile anterioare, era rezonabil să-ţi doreşti să conduci un grup când aveai în jur de 30 de ani – în timp ce în comunitatea biomedicală din SUA este neobişnuit astăzi să primeşti prima bursă de cercetare înainte de vârsta de 40 de ani. Acesta e un semn de rău augur. Ştiinţa va atrage întotdeauna „tocilari” care nu-şi pot imagina o altă carieră. Iar personalul laboratoarelor

poate fi format din cei ce se mulţumesc să scrie aplicaţii pentru burse, care, de obicei, nu primesc finanţare. Or, profesia trebuie să-i atragă pe o parte dintre cei care au talentul de a se adapta şi ambiţia să realizeze ceva pe la vârsta de treizeci de ani. Dacă dispare perspectiva aceasta, asemenea indivizi vor evita mediul academic şi vor încerca, poate, să înfiinţeze o companie. Această cale oferă satisfacţii şi beneficii publice – mulţi ar trebui s-o încerce –, dar, pe termen lung, e important ca unii oameni din această categorie să se dedice totuşi cercetărilor fundamentale. Progresele în IT şi în utilizarea calculatoarelor îşi au originea în cercetarea fundamentală efectuată în universităţi de top – în unele cazuri, cu aproape un secol în urmă. Iar piedicile întâmpinate în cercetarea medicală rezultă din nişte fundamente şubrede. De pildă, faptul că medicaţia anti-Alzheimer nu a reuşit să treacă testele clinice, ceea ce a determinat compania Pfizer să-şi abandoneze programul de dezvoltare a medicamentelor neurologice, ar putea să indice faptul că modul de funcţionare al creierului nu este cunoscut suficient şi că efortul ar trebui să se recentreze pe ştiinţa de bază.

Sporirea bogăţiei şi timpul liber tot mai mare de care dispunem – combinate cu conectivitatea oferită de IT – vor oferi milioanelor de neprofesionişti cu educaţie superioară şi celor care practică ştiinţele colaborative („cetăţeneşti”) oriunde în lume posibilităţi mai mari ca niciodată de a-şi urmări interesele. Mai mult, aceste tendinţe le vor permite cercetătorilor de frunte să desfăşoare o activitate inovativă în afara spaţiului tradiţional academic sau a laboratorului guvernamental. Dacă suficient de mulţi vor face această alegere, întâietatea în cercetare a universităţilor va fi subminată, iar importanţa „oamenilor de ştiinţă independenţi” va creşte până la nivelul care precumpănea înainte de secolul XX – şi probabil că înflorirea ideilor cu adevărat originale va fi stimulată.

5.2. Ştiinţa în societate

O temă principală a acestei cărţi este că viitorul nostru depinde de alegerile corecte privind provocările societate esenţiale: energie, sănătate, hrană, robotică, mediu înconjurător, spaţiu ş.a.m.d. Aceste alegeri implică ştiinţa. Dar deciziile-cheie n-ar trebui să fie luate doar de oameni de ştiinţă; sunt importante pentru noi toţi şi ar trebui să constituie rezultatul unor largi dezbateri publice. Pentru ca acest lucru să se întâmple, trebuie să avem suficient „simţ” pentru ideile ştiinţifice de bază şi să înţelegem suficient cifrele ca să apreciem pericolele, probabilităţile şi riscurile, astfel încât să nu fim traşi pe sfoară de experţi ori să ne încredem în sloganele populiste.

Cei care năzuiesc la o democraţie mai angajată deplâng adesea ignoranţa votantului obişnuit în privinţa chestiunilor relevante. Dar această ignoranţă nu ţine numai de sfera ştiinţei. Este la fel de trist când cetăţenii nu cunosc istoria naţiunii lor, nu cunosc o limbă străină şi nu pot găsi Coreea de Nord sau Siria pe hartă – şi mulţi sunt incapabili să o facă. (într-un sondaj, doar o treime din americani au putut indica Marea Britanie!) Acesta este un rechizitoriu al sistemului nostru educaţional şi al culturii noastre în general – nu cred că oamenii de ştiinţă au un motiv special să se plângă. Fireşte, sunt încântat şi surprins că atât de mulţi oameni sunt interesaţi de dinozauri, de lunile lui Saturn şi de bosonul Higgs – toate, înfiorător de irelevante pentru viaţa noastră de zi cu zi – şi că aceste subiecte sunt discutate atât de frecvent în mass-media.

În plus, dincolo de folosinţa lor practică, aceste idei ar trebui să facă parte din cultura noastră comună. Mai mult decât atât, ştiinţa este singura cultură cu adevărat globală: protonii, proteinele şi Pitagora sunt aceiaşi din China până în Perú.

Ştiinţa ar trebui să transcendă toate barierele naţionalităţii. Şi ar trebui, de asemenea, să se ridice deasupra tuturor credinţelor. Neînţelegerea mediului nostru natural şi a principiilor care guvernează biosfera şi

clima este o carenţă intelectuală. La fel e să fii orb în faţa viziunii magnifice pe care o oferă darwinismul şi cosmologia modernă – lanţul de complexitate emergentă care duce de la Big Bang la stele, planete, biosferă şi la creierul uman – care îi redau cosmosului conştiinţa de sine. Aceste „legi" sau modele sunt mari triumfuri ale ştiinţei. Pentru a le descoperi a fost nevoie de un talent dedicat – chiar de geniu. Iar marile invenţii necesită acelaşi talent. Cei mai mulţi dintre noi apreciază muzica, chiar dacă nu ştiu să compună ori să o interpreteze. La fel, ideile ştiinţifice esenţiale pot fi înţelese şi apreciate de aproape oricine – dacă sunt transmise fără a se face apel la termeni tehnici şi folosind imagini simple. Aspectele tehnice ar putea fi descurajatoare, dar ele pot fi lăsate pe seama specialiştilor.

Progresele tehnologice ne-au condus la o lume în care cei mai mulţi indivizii se bucură de o viaţă mai sigură, mai lungă şi mai satisfăcătoare decât a generaţiilor anterioare, iar aceste tendinţe pozitive ar putea continua. Pe de altă parte, degradarea mediului, schimbarea climatică necontrolată şi efectele negative neintenţionate ale tehnologiei avansate sunt preţul care trebuie plătit pentru aceste progrese. O lume cu o populaţie mai numeroasă, care cere mai multă energie şi mai multe resurse, şi cu puteri sporite datorită tehnologiei, ar putea declanşa probleme grave, chiar catastrofice, pentru societatea noastră.

Lumea de azi încă mai neagă două tipuri de ameninţări: daunele pe care le produce în mod colectiv biosferei şi ameninţările rezultate din vulnerabilitatea sporită faţă de eroarea sau teroarea induse de indivizi sau grupuri mici. Mai mult, noutatea acestui secol o constituie resimţirea la nivel global a efectelor unei catastrofe. În cartea sa intitulată *Collapse6*, Jared Diamond arată cum şi de ce cinci societăţi diferite au decăzut ori s-au confruntat cu catastrofe şi face prognoze contrastante pentru câteva dintre societăţile moderne. Dar acele catastrofe n-au fost

globale; spre exemplu, Moartea Neagră n-a ajuns în Australia. În lumea noastră însă, legată prin multiple interconexiuni, n-am avea unde să ne ascundem pentru a ne pune la adăpost de consecinţele unui deficit economic, ale unei pandemii sau ale unui colaps global al rezervelor de hrană. Şi există şi alte ameninţări globale: de pildă, incendiile puternice de după un conflict nuclear ar putea crea o lungă „iarnă nucleară” – împiedicând, în scenariul cel mai pesimist, creşterea plantelor de cultură tradiţionale pentru mulţi ani (la fel cum s-ar putea întâmpla şi după impactul cu un asteroid sau după erupţia unui supervulcan).

Într-o asemenea situaţie dificilă, inteligenţa colectivă ar fi crucială. Nicio persoană nu poate înţelege de una singură smartphone-ul în întregime – o sinteză a mai multor tehnologii. Cu siguranţă, dacă am rămâne izolaţi după o „apocalipsă”, ca în filmele de supravieţuire în condiţii extreme, chiar şi tehnologiile elementare ale epocii de fier şi agriculturii ne-ar depăşi pe cei mai mulţi dintre noi. Fiindcă veni vorba, acesta e şi motivul pentru care James Lovelock – savantul care a postulat ipoteza Gaia (ecologia planetară care se autoreglează) – a recomandat să fie pregătite, difuzate pretutindeni şi păstrate în siguranţă nişte „manuale de supravieţuire”, care să sistematizeze tehnologia elementară. Această provocare a fost acceptată, spre exemplu, de astronomul britanic Lewis Dartnell în excelenta sa carte *The Knowledge*: *How to Rebuild Our World from Scratch* (Cunoaşterea: Cum să reconstruim lumea de la zero) 7.

Ar trebui să facem mai mult pentru a evalua şi apoi a minimiza probabilitatea unor pericole globale. Trăim în umbra lor, iar ele ridică miza pentru întreaga omenire. Ameninţarea emergentă din partea unor rebeli cărora tehnologia le dă putere e în creştere. Asemenea pericole ne constrâng să facem planuri internaţionale (de exemplu, faptul că o pandemie devine sau nu globală ar putea să depindă de rapiditatea cu care un avicultor vietnamez este

sau nu în măsură să raporteze orice boală ciudată). Iar multe provocări – de pildă, planificarea modului de a satisface nevoile energetice ale lumii, evitând totodată schimbările climatice periculoase, şi de a asigura securitatea alimentară a noua miliarde de oameni fără a pune în pericol mediul – implică perioade de acţiune de mai multe decenii, care depăşesc clar „zona de confort" *a* majorităţii politicienilor. Există un eşec instituţional în ceea ce priveşte planificarea pe termen lung şi cea globală.

Nu se poate nega că tehnologiile futuriste, dacă sunt aplicate greşit, pot duce la pericole, chiar la catastrofe. E important să ne folosim de cei mai competenţi experţi pentru a evalua care riscuri sunt credibile şi care pot fi date deoparte ca fiind SF, şi apoi să luăm măsuri de precauţie pentru cele dintâi. Cum o putem face? Nu este posibil să controlăm viteza progresului, şi cu atât mai puţin să renunţăm complet la dezvoltările potenţial dezastruoase, decât dacă o organizaţie unică ar deţine controlul financiar – ceea ce este complet nerealist într-o lume globalizată în care finanţarea este mixtă: comercială, filantropică şi guvernamentală. Dar chiar dacă reglementările nu se apropie nici pe departe de o eficienţă de 100% – şi nu prea pot face altceva decât să dea un „imbold" –, pentru comunitatea ştiinţifică e important să facă tot posibilul pentru a promova o „inovaţie responsabilă". Mai ales, ar putea fi esenţial să influenţăm ordinea în care diverse inovaţii ajung să dea roade. De exemplu, dacă o IA superputernică „ar deveni criminală", ar fi deja prea târziu pentru a mai controla dezvoltările ei ulterioare; pe de altă parte, o IA ţinută ferm sub controlul uman, dar extrem de capabilă, ar putea ajuta la reducerea riscurilor din biotehnologie sau nanotehnologie.

S-ar putea să fie necesar ca naţiunile să cedeze mai mult din suveranitatea lor unor noi organizaţii globale după modelul Agenţiei Internaţionale pentru Energie Atomică, Organizaţiei Mondiale a Sănătăţii ş.a. Există deja entităţi internaţionale care reglementează traficul aerian,

alocarea frecvenţelor radio şi altele asemenea. În plus, există protocoale ulterioare Acordului de la Paris cu privire la schimbările climatice. E posibil să fie nevoie de mai multe entităţi de acest gen, pentru planificarea producerii energiei, pentru a asigura folosirea în comun a rezervelor de apă şi pentru exploatarea responsabilă a IA şi a tehnologiei spaţiale. Graniţele naţionale sunt în prezent erodate, nu în ultimul rând de cvasimonopoluri precum Google şi Facebook. Noile organizaţii trebuie să fie răspunzătoare faţă de guverne, dar vor trebui totodată să folosească mediile de socializare online – aşa cum sunt acum şi cum vor fi în deceniile viitoare – pentru a implica publicul larg. Mediile de socializare online antrenează un număr enorm de utilizatori în campaniile lor, dar bariera angajamentului lor e atât de coborâtă, încât celor mai mulţi le lipseşte devotamentul participanţilor la mişcările de masă din trecut. În plus, spaţiul mediatic uşurează organizarea protestelor şi intensifică discursul tuturor minorităţilor disidente, făcând astfel guvernarea mai dificilă.

Dar va putea fi lumea guvernată de statele-naţiune? Două tendinţe diminuează încrederea interpersonală: în primul rând, depărtarea şi globalizarea celor cu care avem de-a face în mod curent; şi, în al doilea rând, vulnerabilitatea în creştere a vieţii moderne la perturbări – conştientizarea faptului că „hackerii” sau disidenţii pot provoca incidente care să declanşeze în serie altele la nivel global. Astfel de tendinţe necesită măsuri de securitate care să se dezvolte rapid. Asemenea măsuri deja sunt agasante în viaţa noastră cotidiană – agenţi de securitate, parole complicate, controale la aeroport ş.a.m.d. –, dar vor deveni probabil şi mai enervante. Inovaţii precum tehnologia blockehain, registrul distribuit public care combină accesul liber cu securitatea, ar putea oferi protocoale care să transforme întreg internetul într-un loc mai sigur. Dar aplicaţiile lor curente – care permit unei economii bazate pe criptomonede să funcţioneze

independent de instituţiile financiare tradiţionale – par mai degrabă dăunătoare decât benefice. Este deopotrivă salutar şi deprimant când îţi dai seama cât de mare este partea din economie dedicată unor activităţi şi produse care ar deveni superflue dacă am simţi că putem avea încredere unii în alţii.

Decalajul dintre nivelurile de bogăţie şi bunăstare ale ţărilor nu pare să scadă. Dacă el va dăinui, riscul unor distrugeri permanente va creşte. Motivul este că cei dezavantajaţi sunt conştienţi de nedreptatea situaţiei lor; a devenit mai uşor să călătoreşti şi, de aceea, vor fi necesare măsuri mai drastice pentru a controla presiunile migratorii, dacă acestea vor creşte. Dar, lăsând deoparte transferurile directe de fonduri de tip tradiţional, internetul şi succesorii acestuia ar trebui să faciliteze furnizarea serviciilor pretutindeni în lume şi răspândirea tot mai largă a beneficiilor în materie de sănătate şi educaţie. Este în interesul părţii bogate a lumii să investească masiv în îmbunătăţirea calităţii vieţii şi a oportunităţilor de angajare din ţările mai sărace, minimizând nedreptăţile şi „nivelând” lumea.

5.3. Speranţe şi temeri comune

Toţi oamenii de ştiinţă au obligaţii speciale pe lângă responsabilitatea lor în calitate de cetăţeni. Există obligaţii etice pe care trebuie să le îndeplinească chiar şi cercetarea ştiinţifică: evitarea experimentelor care prezintă un risc oricât de mic de a conduce la o catastrofă şi respectarea unui cod etic atunci când cercetarea implică animale sau subiecţi umani. Probleme mai dificile apar însă când cercetarea lor posedă ramificaţii dincolo de spaţiul laboratorului şi are un potenţial impact social, economic şi etic care îi preocupă pe toţi cetăţenii – sau când dă la iveală o ameninţare serioasă, dar încă neevaluată. Nu ai fi un părinte bun dacă nu ţi-ar păsa ce se întâmplă cu copiii tăi la maturitate, chiar dacă atunci s-ar putea să nu mai ai control asupra lor. La fel, oamenii de ştiinţă n-ar trebui să fie indiferenţi în legătură cu

produsele ideilor lor – care sunt creaţiile lor. Ar trebui să încerce să încurajeze dezvoltarea produselor secundare benefice ale activităţilor lor – comerciale sau nu. Ar trebui să se opună, în măsura în care este posibil, aplicaţiilor dubioase sau ameninţătoare ale rezultatelor muncii lor şi să-i avertizeze pe politicieni atunci când e cazul. Dacă descoperirile lor ridică probleme etice – ceea ce se va întâmpla deseori –, ar trebui să interacţioneze cu publicul, conştientizând totodată faptul că n-au alte certificări în afara specializării lor.

Am putea să evidenţiem câteva exemple admirabile din trecut: de pildă, savanţii atomişti care au creat primele arme nucleare în timpul celui de-al Doilea Război Mondial. Soarta le-a dat un rol cardinal în istorie. Mulţi dintre ei – savanţi precum Joseph Rotblat, Hans Bethe, Rudolf Peleris şi John Simpson (pe care am avut privilegiul să-i cunosc în anii lor de senectute) – s-au întors scăpaţi de griji la cercetările academice din timp de pace. Dar pentru ei turnul de fildeş nu a fost un sanctuar. Ei au continuat nu doar în calitate de universitari, ci şi de cetăţeni angajaţi, să promoveze eforturile de a controla puterea pe care o ajutaseră să se dezlănţuie, prin academiile naţionale, mişcarea Pugwash şi alte forumuri publice. Au fost alchimiştii epocii lor, posesori ai unei cunoaşteri specializate secrete.

Tehnologiile despre care am discutat în capitolele precedente au implicaţii la fel de cruciale ca armele nucleare. Dar, spre deosebire de „savanţii atomişti”, cei ocupaţi să răspundă noilor provocări reprezintă aproape toate ştiinţele şi o diversitate de naţiuni; ei lucrează atât în sectorul comercial, cât şi în mediul academic şi guvernamental. Descoperirile şi preocupările lor trebuie să fie aduse la cunoştinţa celor care planifică şi elaborează politici. Dar cum s-ar putea realiza cel mai bine aşa ceva?

Crearea unor legături directe cu politicienii şi cu oficialii de rang înalt poate fi de folos – la fel şi crearea de conexiuni cu ONG-urile şi sectorul privat. Dar experţii care

au activat în calitate de consilieri guvernamentali au deseori extrem de puţină influenţă. Politicienii sunt influenţaţi mai ales de agenda zilei şi de presă. Oamenii de ştiinţă pot realiza uneori mai multe ca „outsideri" şi activişti, transmiţându-şi mesajul prin cărţi de mare popularitate, grupuri militante, bloguri şi mass-media sau – chiar dacă perspectivele sunt foarte diverse – prin activitate politică. Dacă mesajele lor sunt reluate şi amplificate de un public larg şi de mass-media, cauzele globale pe termen lung vor dobândi o poziţie mai favorabilă pe agenda politică.

Rachel Carson şi Carl Sagan, de pildă, au fost figuri importante ale generaţiei lor ca exemple perfecte de oameni de ştiinţă implicaţi – şi au avut o influenţă imensă prin scrierile şi discursurile lor. Iar asta se întâmpla înainte de epoca mediilor de socializare online şi a twitterului. Sagan, dacă ar fi fost azi în viaţă, ar fi fost un conducător al „marşurilor pentru ştiinţă" – electrizând mulţimile cu pasiunea şi elocvenţa sa.

O obligaţie specială le revine celor din mediul academic sau întreprinzătorilor independenţi; acestora le este mai uşor să se angajeze în dezbaterea publică decât celor care lucrează pentru guvern sau în industrie. În plus, universitarii au oportunitatea deosebită de a influenţa studenţii. În mod deloc surprinzător, sondajele arată că tinerii, care speră să trăiască cea mai mare parte a acestui secol, sunt mai angajaţi şi mai îngrijoraţi de problemele pe termen lung şi globale. De pildă, implicarea studenţească în campaniile de „altruism eficient" creşte rapid.

Cartea *Doing Good Better* (Să facem ce este bun şi mai bun) 8 a lui William MacAskill este un manifest captivant. Ne aminteşte că îmbunătăţiri urgente şi semnificative ale vieţii indivizilor pot fi obţinute prin redistribuirea bine orientată a resurselor existente către naţiunile în curs de dezvoltare sau paupere. Fundaţiile bogate au o popularitate mai mare (arhetipul fiind Fundaţia Bill & Melinda Gates, care a avut un impact

puternic, în special asupra sănătăţii copiilor) dar nici măcar ele nu au impactul pe care l-ar putea avea guvernele naţionale dacă cetăţenii ar exercita presiuni asupra lor.

Am subliniat deja rolul religiilor lumii – comunităţi transnaţionale care gândesc pe termen lung şi cărora le pasă de comunitatea globală, în special de săracii lumii. La iniţiativa unei organizaţii laice, Fundaţia Long Now din California, va fi creat un simbol ce contrastează spectaculos cu mentalitatea noastră actuală, care pare obsedată doar de planificarea pe termen scurt. Într-o peşteră adâncă din Nevada, va fi construit un ceas de mari dimensiuni; e proiectat să ticăie (foarte încet) timp de 10.000 de ani şi să sune diferit când anunţă ora exactă în fiecare dintre zilele acestui interval. Aceia dintre noi care îl vor vizita în acest secol vor contempla un monument menit să dureze mai mult decât catedralele, care le va insufla speranţa că peste o sută de veacuri nu va conteni să anunţe ora exactă – şi că unii dintre urmaşii noştri încă îl vor vizita.

Cu toate că trăim în umbra unor pericole necunoscute şi potenţial catastrofale, pare că nu există niciun impediment *ştiinţific* pentru a construi o lume durabilă şi sigură, în care toţi să se poată bucura de un stil de viaţă mai bun decât cel al „occidentalilor" de azi. Putem fi optimişti din perspectivă tehnologică, chiar dacă efortul tehnologic trebuie redirecţionat. Riscurile pot fi minimizate printr-o cultură a „inovaţiei responsabile", mai ales în domenii precum biotehnologia, IA avansată şi geoingineria, şi prin orientarea forţei propulsive a efortului tehnologic mondial spre alte zone prioritare. Ar trebui să rămânem încrezători în ştiinţă şi tehnologie – nu ar trebui să frânăm progresul. Aplicarea doctrinară a „principiului prudenţial" are un dezavantaj evident. Gestionarea ameninţărilor globale necesită mai multă tehnologie – ghidată însă de ştiinţele sociale şi de etică.

Caracterul incontrolabil al geopoliticii şi sociologiei –

decalajul dintre potenţialitate şi realitate – generează pesimism. Scenariile pe care le-am descris – degradarea mediului, schimbarea climatică necontrolată şi consecinţele neintenţionale ale tehnologiei avansate – ar putea reprezenta piedici serioase, poate chiar catastrofale, pentru societate. Dar ele trebuie gestionate printr-un efort internaţional. Planificarea pe termen lung şi cea globală se confruntă însă cu un eşec instituţional. Politicienii sunt atenţi doar la votanţii lor – şi la următorul scrutin. Acţionarii se aşteaptă la profit pe termen scurt. Minimalizăm ce se întâmplă în clipa de faţă în ţările îndepărtate. Acordăm prea puţină atenţie problemelor pe care le vom lăsa moştenire noilor generaţii. Fără o perspectivă mai largă – fără a realiza că trăim împreună pe această planetă suprapopulată –, guvernele nu vor acorda prioritatea cuvenită proiectelor care sunt pe termen lung din perspectivă politică, chiar dacă acest termen reprezintă doar o clipă în istoria planetei.

„Nava spaţială Pământ” goneşte prin spaţiul interstelar. Pasagerii sunt anxioşi şi irascibili. Sistemul de menţinere a vieţii este vulnerabil la disfuncţionalităţi şi la defecţiuni. Dar, în acelaşi timp, se face prea puţină planificare, se scrutează prea puţin orizontul, se conştientizează prea puţin riscurile pe termen lung. Ar fi ruşinos dacă am lăsa moştenire generaţiilor viitoare o lume secătuită şi primejdioasă.

Am început această carte cu un citat din H.G. Wells. O închei amintind cuvintele unui înţelept om de ştiinţă din a doua jumătate a secolului trecut, Peter Medawar: „Clopotele care bat pentru omenire sunt – cele mai multe dintre ele – aidoma celor ale cirezilor din Alpi; ele atârnă la gâtul nostru şi dacă nu produc un sunet vesel şi armonios e numai şi numai din vina noastră” 9.

Acum este momentul pentru o viziune optimistă asupra destinului vieţii – în această lume şi poate mult dincolo de limitele ei. Trebuie să gândim global, să gândim raţional şi pe termen lung – înzestraţi cu puterea dată de

tehnologia secolului XXI, dar călăuziţi de acele valori pe care doar ştiinţa singură nu ni le poate furniza.

Note

1. În adâncul antropocenului

1. Contele de Birkenhead, *The World 2030 AD* (Hodder and Stoughton, Londra, 1930).

2. Martin Rees, *Our Final Century* (Random House, Londra, 2003). Ediţia americană (publicată de Basic Books) a fost reintitulată *Our Final Hour*.

3. Conferinţa lui H.G. Wells „Descoperirea viitorului" a fost susţinută la Royal Institution din Londra, pe 24 ianuarie 1902, şi a fost ulterior publicată într-o carte cu acelaşi titlu.

4. „Sistemele militare rezistente şi ameninţarea cibernetică avansată", raportul Comisiei Ştiinţifice de Apărare, ianuarie 2013. Îngrijorări similare au fost exprimate de generalul Petraeus şi de alte persoane de rang înalt din SUA.

5. Versiunea revizuită din 2017 a raportului ONU „Perspective referitoare la populaţia mondială" estimează populaţia din 2050 la 9, 7 miliarde de locuitori.

O altă sursă de încredere este „Proiectul privind populaţia" al International Institute for Applied Sistems Analysis (IIASA), care estimează o cifră ceva mai mică.

6. Există multe rapoarte referitoare la alimentaţia globală şi rezervele de apă – de pildă, raportul „Modelarea viitorului Pământului", întocmit de Royal Society în colaborare cu National Academy of Sciences.

7. „Viitorul nostru comun", raport al Comisiei Mondiale pentru Mediu şi Dezvoltare, 1987.

8. Declaraţia lui Juncker este citată în *The Economist*, 15 martie 2007.

9. Conceptul de „limite ale planetei" a fost formulat într-un raport din 2009 al Centrului de Rezilienţă din Stockholm.

10. E.O. Wilson, *The Creation*: *An Appeal to Save Life on Earth* (W.W. Norton, New York, 2006).

11. Conferinţa din 2 – 6 mai 2014 a fost intitulată „Omenire durabilă, natură durabilă: responsabilitatea noastră” şi a fost sponsorizată împreună de Academia Pontificală de Ştiinţe şi de Academia Pontificală de Ştiinţe Sociale.

12. Alfred Russel Wallace, *The Malay Archipelago* (Harper, Londra, 1869).

13. Dintre oamenii de ştiinţă implicaţi în acest proiect fac parte C. Kennel de la Universitatea din California – San Diego, în La Jolla, şi Emily Shuckburgh şi Stephen Briggs din Marea Britanie.

14. *The Skeptical Environmentalist* a fost publicată de Cambridge University Press în 2001. Acordul de la Copenhaga, din 2002, stă sub auspiciile Institutului de Evaluare Ecologică de la Copenhaga.

15. Raportul de evaluare Stern referitor la economia schimbării climatice, Trezoreria HM, Marea Britanie, 2006.

16. G. Wagner şi M. Weitzman, *Climate Shock*: *The Economic Consequences of a Hotter Planet* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 2015).

17. W. Mischel, Y. Shoda şi M.L. Rodriquez, „Delay of Gratification in Children”, *Science*, 244 (1989), pp. 933 – 938.

18. „Cuba’s 100-Year Plan for Climate Change”, *Science*, 359 (2018), pp. 144 – 145.

19. În Regatul Unit, ideea economiei circulare a devenit populară datorită pledoariei unei persoane care se bucură de o largă admiraţie, navigatoarea în jurul globului Ellen MacArthur.

20. Un excelent studiu de geoinginerie este Oliver Morton, *The Planet Remade*: *How Geoengineering Could Change the World* (Princeton University Press, Princeton, NJ, 2016).

2. Viitorul omenirii pe Pământ

1. Arhivele lui Robert Boyle şi în special acest document sunt discutate de Felicity Henderson într-un

raport al Royal Society din 2010.

2. Această listă poate fi consultată online la adresa https://www. telegraph.co.uk/news/uknews/7798201/ Robert-Boyles-Wish-list.html.

3. Două cărţi extrem de accesibile referitoare la aceste inovaţii sunt Jennifer A. Doudna şi Samuel S. Sternberg, *A Crack în Creation* (Houghton Mifflin Harcourt, Boston, 2017) (Jennifer Doudna este unul dintre inventatorii tehnologiei CRISPR/Cas9) şi Siddhartha Mukherjee, *The Gene*: *An Intimate History* (Scribner, New York, 2017) (ed. rom.: *Gena*. *O istorie fascinantă*, All, Bucureşti, 2018 – n.tr.).

4. Acest articol, publicat de D. Evans şi R. Noyce de la Universitatea Alberta, se găseşte în *PLOS One* şi este discutat în *Science News* pe 19 ianuarie 2019. Ryan S. Noyce, Seth Lederman, David H. Evans, „Construction of an Infectious Horsepox Virus Vaccinuri from Chemically Synthesized DNA Fragments", *PLOS One* (*19* ianuarie 2018): https://doi.org/10.1371/journal. pone.0188453.

5. Chris D. Thomas, *Inheritors of the Earth* (Allen Lane, Londra, 2017).

6. Steven Pinker, *The Better Angels of Our Nature*: *Why Violence has Declined* (Penguin Books, New York, 2011).

7. Freeman Dyson, *Dreams of Earth and Sky* (Penguin Random House, New York, 2015).

8. O perspectivă de ansamblu asupra acestor evoluţii poate fi găsită în Murray Shanahan, *The Technological Singularity* (MIT Press, Cambridge, MA, 2015) şi Margaret Boden, *AI*: *Its Nature and Future* (Oxford University Press, Oxford, 2016). O perspectivă mai speculativă e oferită de Max Tegmark, *Life 3*. *O*: *Being Human* in the *Age of Artificial Intelligence* (ed. rom. *Viaţa 3.O*. *Omul în epoca inteligenţei artificiale*, Humanitas, Bucureşti, 2019).

9. David Silver *et al.*, „Mastering the Game of Go without Human Knowledge", *Nature*, 550 (2017), pp. 354 – 359.

10. https://en.wikipedia.org/wiki/Reported Road Casualties Greatbritain.

11. Scrisoarea a fost coordonată de Future Life Institute de la MIT.

12. Stuart Russel e citat după *Financial Times*, *6* ianuarie 2018.

13. Vezi Ray Kurzweil, *The Singularity Is Ne-ar*: *When Humans Transcend Biologiy* (Viking, New York, 2005).

14. P. Hut şi M. Rees, „How Stable Is Our Vacuum?", *Nature*, 302 (1983), pp. 508 – 509.

15. Argumentele lui Derek Parfit sunt prezentate în partea a IV-a a lucrării sale *Reasons and Persons* (Oxford University Press, New York, 1984).

16. Treceri în revistă de bună calitate ale acestor riscuri extreme găsim în Nick Bostrom, Milan Cirkovic

(eds.), *Global Catastrophic Risks* (Oxford University Press, Oxford, 2011)? i Phil Torres, *Morality*, *Foresight*, *and Human Flourishing*: *An Introduction to Existenţial Risks* (Pitchstone, Durham, NC, 2017).

3. Omenirea în perspectivă cosmică

1. Citat în Carl Sagan, *Pale Blue Dot*: *A Vision of Human Future în Space* (Random House, New York, 1994) (ed. rom. *Un palid punct albastru*. *Viziune asupra viitorului omenirii în spaţiu*, Herald, Bucureşti, 2017 – n.tr.).

2. Alfred Russel Wallace, *Man's Place in the Universe* (Chapman and Hall, Londra, 1902) – această carte poate fi descărcată liber prin proiectul Gutenberg.

3. Michel Mayor, Didier Queloz „A Jupiter-Mass Companion to a Solar-Type Star", *Nature*, 378 (1995), pp. 355 – 359.

4. Cele mai bune informaţii despre rezultatele navei cosmice *Kepler* pot fi găsite pe situl NASA: https://www.nasa.gov/missionpages/kepler/main/index.html .

5. Michaël Gillon *et al.*, „Seven Temperate Terrestrial Planets Around the Nearby Ultracool Dwarf Star

TRAPPIST-1”, *Nature*, 542 (2017), pp. 456 – 460.

6. Accelerarea cu laser a fost discutată de inginerul vizionar Robert Forward în anii 1970. Mai recent, studii detaliate au fost realizate de P. Lubin, J. Benford ş.a. Iar Proiectul Starshot, sprijinit de Fundaţia Breakthrough a lui Iuri Milner, analizează în mod serios posibilitatea ca o sondă de mărimea unei vafe să fie accelerată la 20% din viteza luminii, astfel încât să ajungă la cele mai apropiate stele îndouăzeci de ani.

7. Introduceri bune în acest subiect sunt Jim Al-Khalili (ed.), *Aliens*: *The World’s Leading Scientists on the Search for Extraterrestrial Life* (Picador, New York, 2017), şi Nick Lane, *The Vital Question*: *Why Is Life the Way It Is*? (W.W. Norton, New York, 2015).

8. Există o bibliografie enormă referitoare la pulsari, dar o prezentare generală este oferită de Geoff McNamara, *Clocks in the Sky: The Story of Pulsars* (Springer, New York, 2008).

9. Exploziile radio rapide sunt studiate intens şi ideile se schimbă rapid. Cea mai bună referinţă e Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Fastradioburst.

4. Limitele şi viitorul ştiinţei

1. O biografie a lui Conway este cea a lui Siobhan Roberts, *Genius at Play*: *The Curious Mind of John Horton Conway* (Bloomsbury, New York, 2015).

2. Acest eseu poate fi găsit în Eugene Wigner, *Symmetries and Reflections*: *Scientific Essays of Eugene P. Wigner* (Indiana University Press, Bloomington, 1967).

3. Citatul e dintr-un articol clasic din 1931 al lui Paul Dirac, intitulat „Quantised Singulărities in the Electromagnetic Field”, *Proceedings of the Royal Society A*, 133 (1931), p. 60.

4. O prezentare excelentă a acestei descoperiri şi a contextului ei este oferită de Govert Schilling în *Ripples în Spacetime* (Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, MA, 2017).

5. Freeman Dyson, „Time without End: Physics and

Biology în an Open Universe”, *Reviews of Modern Physics*, 51 (1979), pp. 447 – 460.

6. Martin Rees, *Before the Begining*: *Our Universe and Others* (Basic Books, New York, 1997).

7. David Deutsch, *The Begining of Infinity*: *Explanations that Transform the World* (Viking, New York, 2011).

8. Darwin într-o scrisoare către Aşa Gray din 22 mai 1860. Darwin Correspondance Project, Cambridge University Library.

9. William Paley, *Evidences of Christianity* (1802).

10. Fragmente din această secţiune au apărut în Martin J. Rees, „Cosmology and the Multiverse”, în *Universe or Multiverse*, ed. Bernard Carr (Cambridge University Press, Cambridge, 2007).

11. John Polkinghorne, *Science and Theology* (London: SPCK/ Fortoress Press, 1995).

5. Concluzii

1. E.O. Wilson, *Letters to a Young Scientist* (Liveright, New York, 2014).

2. Opera esenţială a lui Karl Popper referitoare la metoda ştiinţifică este *The Logic of Scientific Discovery* (Routledge, Londra, 1959) – o traducere a versiunii germane iniţiale publicate în 1934. În anii dintre cele două evenimente, Popper şi-a sporit reputaţia prin impresionanta sa contribuţie la teoria politică: *The Open Society and Its Enemies* (ed. rom. *Societatea deschisă şi duşmanii ei*, Humanitas, Bucureşti, 2005 – n.tr.).

3. P. Medawar, *The Hope of Progress* (Anchor Press, Garden City, NY, 1973), p. 69.

4. T.S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (University of Chicago Press, Chicago, 1962) (ed. rom. *Structura revoluţiilor ştiinţifice*, Humanitas, Bucureşti, 2008 – n.tr.).

5. Accesibila carte *The Meaning of Science* a lui Tim Lewens (Basic Books, New York, 2016) oferă o critică limpede a ideilor lui Popper, Kuhn şi ale altora.

6. Jared Diamond, *Collapse*: *How Societies Choose to Fail or Succeed* (Penguin, New York, 2005).

7. Lewis Dartnell, *The Knowledge*: *How to Rebuild Our* World *from Scratch* (Penguin, New York, 2015). Asemenea cărţi sunt educative. E cu siguranţă regretabil că atât de mulţi dintre noi nu cunosc tehnologiile elementare de care depindem.

8. William MacAskill, *Doing Good Better*: *Efective Altruism and How You Can Make a Difference* (Random House, New York, 2016).

9. *The Future of Man* (1959).

Index

23 and Me, 94

Academia Pontificală de Ştiinţe, 42

acceleratoare de particule: Marele Accelerator de Hadroni de la CERN, 130, 235 – 36; speculaţii privind riscurile, 125 – 36; şi echipe lucrând la proiectele mari de 234

acidificarea oceanului, 69 – 70

ADN: şi editare genetică, 79 – 80; ca fundament al eredităţii, 80. *Vezi şi* genoame

Africa: tehnologia informaţiei în 35 – 37, 97 – 98; Premiul Mo Ibrahim pentru leadership în 37; mesajul papal recepţionat în 43; tendinţele populaţiei în 38 – 40; energia solară în 59

Agenţia Internaţională pentru Energie Atomică, 248

agricultură: începuturi, 1; vehicule fără şofer în 107; energie şi apă pentru, 30 – 32; organisme modificate genetic, 32, 78; şi internet întările în curs de dezvoltare, 98; tehnici moderne în 33, 98; *vezi şi* producţie de alimente

Alcor, 95 – 96

Aldrin, Buzz, 158

Allen, Woody, 203

Alpha Go, 101 – 3, 122, 217

Alpha Go Zero, 102 altruism eficient, 254 – 55 Alzheimer, eşecul medicamentaţiei, 241

Ambrosia, start-up pentru prelungirea vieţii, 93 – 94
Anders, Bill, 137
Anderson, Philip, 201
Andromeda, galaxie, 203 antimaterie, 193 antropocen, 9, 40
Apollo, programul, 137, 156, 158 – 59, 165
Arhimede, 189
Arhipov, Vasili, 24
arme biologice, ale guvernelor, 88 arme nucleare: şi Războiul Rece, 24 – 25; şi penuria globală de alimente, 245 – 46; nu sunt neapărat o ameninţare, 126 – 27; şi angajamentul public al oamenilor de ştiinţă, 252 – 53; ca ripostă la atacurile cibernetice, 28
Armstrong, Neil, 136, 158 arte şi meserii, renaştere, 113 Asilomar, Conferinţă, 87 – 88
asteroid, impactul cu: şi penuria de alimente, 246; şi dezastrul existenţial, 131; şi pietre ajunse de pe Marte pe Pământ, 147; distrugere nucleară comparată cu, 21, 25; prevenirea impactului cu, 21 – 22, 53 – 53; ca eveniment rar dar extrem, 21, 89 asteroizi: stabilirea unor baze pe 170; călătorie spre, 169
astrobiologie, 148. *Vezi şi* extratereştri inteligenţi; planete astrologie, 15, 148 atac cibernetic, ameninţare, 27 – 28, 110
atomi: extratereştri compuşi din, 182; şi complexitate, 197 – 98; constituenţi ai materiei, 189 – 90, 192; înţelegere dificilă, 221 – 22; numărul lor în universul vizibil, 208; şi teoria cuantică, 190, 233
Bacon, Francis, 73
bancă de spermă. *Vezi* Repository for Germinal Choice baterii litiu-ion, 60 baterii, tehnologie, 60 – 62 Baumgartner, Felix, 170 Baxter, robot, 122
Before the Begining (Rees), 212 *Begining of the Infinity*, *The* (Deutsch), 219
Bethe, Hans, 252
Better Angels of Our Nature, *The* (Pinker), 89
Bezos, Jeff, 166

Big Bang: şi naşterea universului 128; lanţ de complexitate pornind de la 186 – 87, 244; şi condiţiile din acceleratoarele de particule, 127 – 28; şi înţelegerea de către extratereştri inteligenţi, 182; legile fizicii aşa cum apar în 224; nu singurul univers posibil, 206, 208 – 9, 210 – 11 (*vezi şi* multivers)
Bill & Melinda Gates, Fundaţia, 255
biocombustibil, 41, 63
biodiversitate: pierderea, 41 – 42, 78; cum administrăm, 44
biohacking, 88, 91, 122 biotehnologie: beneficii şi vulnerabilităţi, 12 – 13; îngrijorări privind etica, 86 – 88; îngrijorări privind siguranţa, 86 – 89, 133, 248; responsabilitatea inovaţiei în 248 – 49, 251; ameninţări catastrofice datorate, 89, 125 – 27; şi consecinţe impredictibile, 75. *Vezi şi* genoame
Biserica Catolică: opoziţie faţă de cercetările embrionare, 77; şi administrarea planetei, 43 – 44
Blockehain, 250
Blue Origin, 166
bombe murdare, 67 – 68
Borucki, Bill, 150 bosonul Higgs, 243 Boston Dynamics, 103 Boyle, Robert, 73 – 75 Breakthrough Listen, 178 Brewster, David, 144 Brooks, Rodney, 122
Brudtland, Gro Harlem, 34 Bruno, Giordano, 148
C_4, calea, 32 calcul cuantic, 210, 218 calculatoare: şi dezvoltare spectaculoasa a procesoarelor, 97; şi seturi uriaşe de date, 192, 236; supercomputerele inteligenţei postumane, 193 – 94; calculatoare cuantice, 174, 218; experimente virtuale cu, 216. *Vezi şi* IA (inteligenţă artificială); tehnologia informaţiilor (IT)
Calea Lactee, galaxie: viitorul ei, 203 – 4; milioane de planete similare Pământului în 141, 165; observată cu telescoape, 141 capcana sărăciei, 39 captatoare de energie solară în spaţiu, 163
carbon pur, reducerea emisiilor, 57 carbon: captare şi stocare, 63; sechestrare, 62; taxă pe 54

Carson, Rachel, 254
Cassini, sondă spaţială, 162 – 63 catastrofe: în analiza lui Diamond privind cinci societăţi, 245; şi sfârşitul omenirii sau al vieţii, 15, 127 – 38; şi încălzirea globală, 49 – 50, 51, 68 – 69; şi ameninţări naturale care pot duce ta, 22 – 23; şi nevoia de planificare internaţională, 247, 248 – 49, 257; pericol sporit datorită interconectării globale, 89, 125 – 27, 245 – 46
călătorie interstelară, 14, 92, 172 Căutarea Vieţii Extraterestre Inteligente (SETI), 178, 184 – 86. *Vezi şi* extratereştri inteligenţi; planete celule stern, 77
cercetare medicală: şi descurajarea tinerelor talente, 240 – 41; şi necesitatea refocalizării asupra ştiinţei fundamentale, 241
cercetări embrionare, 77, 86 cercetări privind animalele, etica, 251 – 52
cerere de energie: pentru agricultură, 30 – 31; pentru calculatoare, 102; datorată creşterii demografice, 245; nevoia de planificare globală, 247 – 48
Challanger, dezastrul, 165
China: şi tehnologia informaţiei, 97, 98; politică a copilului unic, 30; şi programul spaţial, 165 – 66 cibernetică, beneficii şi vulnerabilităţi, 11, 75 – 76, 133 – 34 cip de siliciu, complexitate, 198 clase dezavantajate digital, 90 clorofluorocarburi (CFC), 40, 57, 183
cloud: înregistrări personale în 104
Clubul de la Roma, 30
Collapse (Diamond), 245 combustibili fosili: şi încălzirea globală, 50 – 51, 69 – 70; produc CO_2, 49, 50; mai ieftini ca energia solară, 59; şi factorul de sensibilitate climatică, 50; şi extragerea CO_2 direct din atmosferă, 69; origine, 140; planul B pentru, 69
cometă, misiunea sondei *Rosetta*, 162
Comisia Interguvernamentală privind Schimbarea Climatică (CISC), 48 – 50, 69 complexitate: a astronomiei vs ştiinţe umane şi biologice, 198; definiţie, 198 – 202; emergenţă, 202 – 3; a fiinţelor umane, 186, 197 – 98;

măsurarea de către Kolmogorov, 197 – 99; a lucrurilor vii, 197 – 99; rezultat al unor reguli simple, 199 – 200; evoluţie după Big Bang, 186, 244

Conferinţa privind schimbările climatice de la Paris din 2015: Mission Inovation, 58; şi enciclica papală, 43 – 44; protocoale ulterioare, 54, 248 – 49; şi ţinta de temperatură 48, 50; rezultate incerte, 50 – 51

Consensul de la Copenhaga, 52 consumerism, 45

conştiinţă: şi sistemele IA, 123; şi dezvoltare de la Bing Bang până azi, 186. *Vezi şi* conştiinţă de sine conştiinţă de sine: şi IA, 123, 174 – 75; şi misterul creierului, 220. *Vezi şi* conştiinţă controlul traficului aerian, 125, 248

Conway, John, 190 – 91, 194, 199 cosmologie: ca parte vitală a culturii comune, 244. *Vezi şi* Big Bang

Courseră, 114 creaţionism, 221 – 22 creier, implanturi pentru descărcarea memoriei, 121

creier: ştiinţa fundamentală necesară aplicaţiilor medicale ta, 241; şi complexitate de la Bing Bang până azi, 244; şi complexitatea, 198, 201 – 2; şi simulare pe calculator, 216; şi limita înţelegerii umane, 215 – 16, 218 – 20; şi misterul conştiinţei de sine, 219

creştere demografică: şi dioxidul de carbon din atmosferă, 47; creştere încetinită, 29; hrană şi resurse ca mijloc de menţinere a păcii, 29; şi pierderea biodiversităţii 41; populaţie de 9 miliarde în 2050, 29 – 31; prevederi pentru viitor, 38 – 39; şi consecinţe importante tehnologice, 245; presiuni asupra mediului, 10, 19, 29 – 32; şi maxim sustenabil 31 – 32; ca subiect tabu, 30; tehnologii la care se poate recurge, 11

creştere economică, economisirea resurselor, 34

creşterea nivelului mărilor, 48 Crick, Francis, 233 – 34 criogenie, 95 – 96

CRISPR/Cas9, 79 – 80, 86 – 87. *Vezi şi* editare genetică criza financiară din 2008, 125

Cuba, plan de mediu, 55; criza rachetelor, 24 – 25, 27

Curiosity, sondă spaţială, 146, 163 cursuri online,

114 cutremure de pământ, 22 Cutzen, Paul, 40 cyborg, tehnologii, 13, 171 – 72
Dartnell, Lewis, 246
Darwin Charles, 138 – 39, 199, 221.
Vezi şi evoluţie
Dasgupta, Partha, 42
Deep Blue, 101
Deep Mind, 100 – 1, 122 degradarea mediului, 28, 244 – 45, 257
Dengue, virus, 87
descurajare nucleară, 26
design inteligent: biologic, 222 – 23; tehnologic, 203
detector de unde gravitaţionale, 196
Deutsch, David, 218 – 19 dezastre. *Vezi* catastrofe dezvoltare durabilă, 34 Diamond, Jared, 245 diferenţe naţionale şi religioase, 116; şi cultura globală ştiinţifică, 243 – 44
Dijkstra, Edsger, 123 dinozauri, 23, 177, 243 dioxid de carbon: în atmosferă, 1, 47 – 52; istorie cosmică a atomilor de carbon în 140 – 41; reducere la nivelul preindustrial, 62; extracţia directă a, 70; şi vehicule electrice, 57; creştere accelerată anticipată în 68 – 70. *Vezi şi* schimbare climatică, încălzire globală
Dirac, Piui, 192 – 93, 239 distrugeri în masă, 10, 41 *Doing Good Better* (MacAskil), 255 Drake, Frank, 178
drone: război automatizat cu, 116 – 17; livrări cu, 109 – 10; în Orientul Mijlociu, dar controlate din SUA, 116
Dumnezeu, 43, 92, 220 – 21, 225, durata de viaţă: etica măsurilor extreme la sfârşitul, 81; prelungirea prin descărcarea gândurilor şi a amintirilor, 121; îmbunătăţiri până în prezent, 12; cercetări pentru prelungire, 92 – 95
Dyson, Freeman, 91 – 92, 122, 183, 205
Dyson, sferă, 183
economie circulară, 56
editare genetică, 79 – 80, 87 – 88
educaţie: şi inegalitate globală, 34, 250 – 51; şi internet, 96; învăţare continuă, 114; îmbunătăţire actuală

pentru majoritatea lumii, 12; a femeilor, 38
edX, 114
E-ELT (Telescopul European Extrem de Mare), 153 – 54, 156
efect de seră 47, 69; pe Venus, 154. *Vezi şi* încălzire globală eficienţă energetică, 56 – 57 Ehrlich, Piui, 30
Einstein, Albert, 128, 190, 192, 205
Einstein, teoria relativităţii: şi găurile negre, 128, 190; şi viteza constantă a luminii, 232; teoria generală, 128, 190, 205, 209; relaţia cu fizica newtoniană, 233 – 34
eliminarea deşeurilor radioactive, 53
embrion, proiectare, 79 – 80
energia mareelor, 61
energia valurilor, 51
energie eoliană, 59, 61
energie geotermală, 61
energie nucleară, 63 – 67; bazată pe fizica secolului XX, 75 – 76; pentru generarea energiei cu emisii de carbon scăzute, 58; perspective privind fuziunea, 58, 65 – 66; teamă de radiaţii, 64, 66; utilizare pentru zboruri spaţiale, 169
energie regenerabilă, 59 – 62, 71 energie solară, 59, 60, 62, 97 – 98, 163
energie, înmagazinate, 59 – 61 energie, managementul în seturile de date Google, 102
energie, producere cu emisie scăzută de CO_2, 55 – 57
epuizarea ozonului, 40
eră postumană, 171 – 76, 181, 186 – 87
eroare biologică, 85, 88, 90 – 91 etică: şi inteligenţă artificială, 120; în biotehnică, 86 – 88; şi progresele medicinei, 81 – 86; şi implicarea oamenilor de ştiinţă, 87 – 88; tehnologia preocupată de 256 – 57; şi valori pe care ştiinţa nu le poate furniza, 257
eugenie, 30, 81
Europa, 106, 115, 146, 147, 236 evoluţie postumană, 15, 174 – 75, 203
evoluţie: strangulări în 176 – 77, 180; şi creaţionism,

220 – 22; ca idee unificatoare, 199; şi designul inteligent, 222 – 23; şi oamenii de ştiinţă religioşi, 226 – 67; ca parte virtuală a culturii comune, 244. *Vezi şi* Darwin, Charles; evoluţie postumană explorarea cosmosului, 138, 141 – 42.

Vezi şi călătorie în spaţiu explozii solare, distrugerea comunicaţiilor, 23

extincţie, 10, 42; a omenirii, 134 – 34

extratereştri inteligenţi: comunicare prin cultura comună matematică, 182, 192; cu percepţie diferită a realităţii, 182, 216; speculaţii anterioare istorice, 144 – 45; istoria Pământului văzută de 7 – 8; probabilitatea de a exista, 176 – 77, 184; posibilitatea răspândirii în cosmos, 14, 178; căutarea lor, 178 – 87. *Vezi şi* planete; Căutarea Vieţii Extraterestre Inteligente (SETI)

Facebook, 91, 249

factor de sensibilitate climatică, 50, 68

femei, educaţie şi emancipare, 38 fermoar, inventarea, 230 fertilizare in vitro (FIV), 79 – 80 filosofi naturali, 73 filosofi ai ştiinţei, 231 – 32 fonduri hedge, analiză automată a datelor, 117

fractali, 191, 199, 219

Francis, papa, 43

Fukushima Daiichi, dezastrul, 63 – 4, 66 – 68

fuziune nucleară: ca sursă de energie 58, 65 – 66; în Soare şi stele, 140

Gagarin, Iuri, 157 Gaia, ipoteză, 246 Galápagos, insule, specii invazive pe 87

galaxii: simularea pe calculator a, 216; număr finit ce poate fi observat, 206; oamenii au realizat că sunt miliarde, 208; Calea Lactee, 141, 154, 203; separarea lor de unele forţe misterioase, 204

Gandhi, Indira, 30

Gandhi, Mahatma, 34

Gates, Bill, 58

gaz, energie, 61

găuri negre: în centrul Căii Lactee, 141; ciocnindu-se una de alta, 196; teoria lui Einstein aplicată lor, 128, 190,

211; evaporarea, 204; şi temeri despre acceleratoarele de particule, 128 – 29; ca simple entităţi, 190, 197 – 98; telescoape spaţiale care le observă, 161 – 62
gândire pe termen lung, 257. *Vezi şi* termen scurt
gene, tendinţe, 87 – 88
generaţii viitoare, 52 – 53, 54 – 55, 255 – 56; şi posibilitatea extincţiei omenirii, 134 – 34
genoame: analiza lor pe calculator, 218; ale microbilor intestinali, 94; costuri de secvenţiere, 76; secvenţiere şi 23 and Me, 94; sintetizarea lor, 76, 218
geoinginerie, 69 – 71, 256
Gillon, Michaël, 151 Glenn, John, 157 – 58 go, 101; şi Jocul Vieţii al lui
Conway, 191
Goldilocks, planetă, 146 Google, 100, 102, 122 googol 208 googoplex 208
GPS, sateliţi, 108, 160, 190
Gray, Aşa, 221
gripă, virus H5N1, 85
Groenlanda, topirea gheţarilor, 48, 51
hacking: şi sistemele vehiculelor, 110 – 11; şi dezvoltarea măsurilor de securitate, 248; şi instituţiile financiare, 28
Hadfield Chris, 160
Handle, robot, 103
Hassabis, Demis, 100, 122
Hawking, Stephen, 170 Hinton, Geoff, 99 – 100 hipercomputere, şi inteligenţă postumană, 194, 201
Hoyle, Fred, 211
hrană, producţia de: şi folosirea antibioticelor, 85; planificare pentru un mediu sustenabil, 247; şi încălzirea globală; 50; insectele în 33; şi pierderea în biodiversitate, 41; înlocuitori de 33, 71; posibilitatea unui colaps global, 245; tehnologii pentru, 34. *Vezi şi* agricultură
Hruşciov, Nikita, 24
Human Longevity (start-up), 94
IA (inteligenţă artificială): avioane pilotate de 109;

beneficii şi riscuri, 11, 75; îngrijorare privind deciziile luate de 120, 133; şi recunoaşterea facială, 99, 103, 105, 117; şi calculatoare pentru jocuri, 100 – 1, 103, 122, 217 – 18; combinaţii genetice identificate cu, 80 – 81; şi inteligenţă de nivel uman, 118 – 25; inteligenţă anorganică, 172 – 73, 180, 193 – 94; şi recunoaşterea irisului, 99; şi afectarea locurilor de muncă, 105 – 7; şi maşini de învăţat, 99 – 100, 103 – 4, 163 – 64; în stadiu infantil, 105; şi personalizarea învăţământului Online, 114 – 15; ca ameninţare la adresa civilizaţiei, 110, 125 – 26; şi evoluţia postumană, 174 – 75, 203 – 4; şi îngrijorarea privind intimitatea, 105 – 6; şi responsabilitatea inovaţiei, 122 – 23, 251; şi conştiinţa de sine, 110, 123, 174 – 75; şi vehiculele fără şofer, 107 – 8, 110, 118 – 19; şi recunoaşterea vorbirii, 99, 103; în război, 117. *Vezi şi* roboţi iarnă nucleară, 26, 247 Ibrahim, Mo, 37

Identitate personală, 121 imigrare. *Vezi* migraţie impedimente politice: pentru gestionarea schimbărilor globale antropice 40 – 41; şi scopurile electorale 36 – 37, 257; pentru îmbunătăţirea vieţii celor săraci, 34; şi opinia publică, 16; pentru influenţarea politicii de către oamenii de ştiinţă, 253 – 54; şi gândirea pe termen scurt 37, 85, 118; pentru o lume durabilă şi sigură, 256

Imprimare 3D: şi bunuri de larg consum mai ieftine, 39; şi substituţia organelor, 84

India: şi tehnologia informaţiei, 98; energie solară în 59 inegalitate: într-o lume interconectată, 12, 115; şi investiţiile naţiunilor bogate, 36 – 37; riscuri asociate cu, 115, 250 – 51; şi dezvoltare sustenabilă, 35

Infiltrarea IA pe internet, 120

Inginerie: aeronautică, 218; în agricultură, 30 – 31; şi fundamentele fizicii, 190; schimbări în 230

Inheritors of the Earth (Thomas), 87 inovaţie responsabilă, 122, 248 insecte comestibile, 33 instituţii internaţionale, 16, 28, 41, 248

Inteligenţă: strangulări în evoluţia vieţii, 176 – 77; postumană, 193 – 94, 219 – 20; a oamenilor de ştiinţă, 230

– 31. *Vezi şi* IA (inteligenţă artificială); extratereştri inteligenţi; inteligenţă anorganică inteligenţă postumană, 193 – 94, 220. *Vezi şi* inteligenţă anorganică inteligenţe anorganice, 172 – 74, 180. *Vezi şi* roboţi inteligenţi intensificare sustenabilă a agriculturii, 31, 32

Internet: şi nivelarea educaţiei şi sănătăţii globale, 97 – 98; diferenţieri naţionale şi religioase, 116; şi securitatea pe 249 – 50. *Vezi şi* tehnologia informaţiei (IT); social media intimitate; şi sistemele IA, 104 – 5; şi deplasarea societăţii spre limitarea acesteia, 90 – 91

Investiţii în infrastructură, 35 – 36 Iran, program de înarmare nucleară, 28

Îmbătrânire. *Vezi* durată de viaţă înaltă tensiune în curent continuu, linie de (*ITCC*), *60* încălzire globală: catastrofică, 49, 51, 69 – 70; obiectiv de sub 1, 5°C, 50. *Vezi şi* dioxid de carbon în atmosferă; schimbare climatică îngrijire medicală: şi inegalităţile globale 250 – 51; şi internet, 98, 250

Îngrijitori, nevoia de 111 – 13 înlocuirea mitocondriilor, 79 – 80 înlocuitori de hrană, 33 înmagazinarea hidrogenului, 60, 62

Învăţare continuă, 114 învăţarea maşinii, 99, 103, 163 învăţământ la distanţă, 114 – 15 înviere, 225

Jocul Vieţii, 190 – 91, 199 Juncker, Jean-Claude, 36

Kardaşev, Nikolai, 178 Kasparov, Garri, 101 – 2 Keeling, Charles, 47 Kennedy, John E, 24 Kepler, Johannes, 150 *Kepler*, proiect, 150 – 51 *Knowledge*: *How to Rebuild Our*

World from Scratch, *The* (Dartnell), 246

Kolmogorov, Andrei, 197, 199 Kolmogorov, complexitate, 197 – 99, 219

Kuhn, Thomas, 233

Kurzweil, Ray, 94 – 95, 124

Lee Sedol, 102

Lehrer, Tom, 24

Leonov, Alexei, 157 lift spaţial, 169 limitele planetei, 141 Linde, Andrei, 214 locuri de muncă: securitate şi

salarii în scădere, 105 – 6; perturbate de tehnologie, 11; în servicii private, 111 – 12; renaşterea artelor şi meseriilor, 113; şi scurtarea săptămânii de lucru, 113; preluate de maşini, 105 – 9
Lomborg, Bjørn, 52
Long Now, Fundaţia, 255
Lovelock, James, 246
Luna: misiune chinezească pe faţa întunecată! 65 – 66; bază permanentă umană pe 164 – 65; excursii private în jurul, 166; telescoape plasate pe faţa întunecată, 164
MacAskill, William, 255
Man's Place in the Universe (Wallace), 144
Mandelbrot, Benoît, 191, 199 Mandelbrot, mulţime, 199, 219 Marele Accelerator de Hadroni de la CERN, 235
Marte: *Curiosity*, vehicul pe 145 – 46, 163; stabilirea unei baze pe 170 – 71; viaţa pe Pământ putea să provină de pe 147; şi misiuni cu echipaj uman, 165 – 66; putere nucleară pentru a călători spre, 168 – 69; călătorii propuse în jurul lui, 168
masă plastică, 45 – 46
matematica, limbaj ştiinţific, 192 – 93
materie întunecată, 204
Mayor, Michel, 149
măsuri de securitate, 248 – 50
McAuliffe, Christa, 165 mecanica fluidelor, 201 mecanică cuantică, 190, 209, 233, 239
Medawar, Peter, 232, 258
medicamente, concepute cu ajutorul calculatoarelor, 218
megaoraşe în ţări în curs de dezvoltare, 30, 37, 90, 125
Mercur, 145
metan: ca gaz de seră, 57; pe
Marte, 145; pe Titan, 146, 155 metformină, 94
metodă ştiinţifică, 230 – 31
Michelson-Morley, experiment, 232 – 333
migraţie: scăderea presiunii, 36; modificare datorată

internetului şi a călătoriilor, 115 – 16; datorată schimbării climei, 51; şi inegalitate globală 250 – 51; ca speranţă împotriva pauperizării, 116; tehnologia ca stimul al, 35 – 36
Milner, Iuri, 178
miracole, condiţii să devii sfânt, 225 – 26
Mischel, Walter, 54
Mission Inovation, 58
moarte: asistată, 82 – 83; cerebrală, 83; şi transplanturi de organe, 83
Moartea Neagră, 89, 245
Modi, Narendra, 58
modificare genetică: a animalelor, 32, 78; a culturilor, 31 – 32, 78; patogeni de 85, 90, 133 modificare genetică a oamenilor: şi proiectare embrionară, 79 – 80; fără precedent, 13; a pământenilor în spaţiu, 172. *Vezi şi* editare genetică; alterarea liniei embrionare modificarea liniei germinale, 86 Monsanto, 78
Moore, legea lui, 109 – 10
More Worlds Than One (Brewster), 144
motoare diesel, în Europa, 57 multivers, 206, 209, 201, 212, 214, 224
muncă. *Vezi* locuri de muncă
Musk, Elon, 60, 166, 170
nanotehnologie, 97, 184, 248 navetă spaţială, 165, 168 Neanderthal, clonă potenţială, 96 necunoscute necunoscute, 215 nemurire, prin descărcarea gândurilor şi a amintirilor, 121
New Horizons, navetă spaţială, 162 Newton, Isaac, 153, 189 – 90, 195, 213, 221, 223, 233
oameni de ştiinţă: vârsta lor, 237 – 39; amatori şi neprofesionişti, 179, 241 – 42; şi traiectoria carierei în cercetare, 236 – 39; şi independenţa cercetării universitare, 240 – 41; şi abilitatea academică, 231; implicare şi dileme etice 86 – 87; şi filosofi, 231 – 34
Obama, Barack, 58
Open University, Marea Britanie, 114

optimism: despre destinul vieţii, 258; despre progresul moral, 12; despre schimbarea climatică, 51; despre tehnologie, 51; şi maşini care depăşesc capacitatea umană, 124 – 25; şi neliniştea lui Wells, 20
oraşe. *Vezi* megaoraşe în ţări în curs de dezvoltare; urbanizare orez auriu, 32
Organizaţia Mondială a Sănătăţii (OMS), 32, 248
Originea speciilor (Darwin), 138 – 39, 223
originea vieţii, 146 – 47, 155 – 56 *Our Final Hour* (Rees), 18
Paley, William, 223 – 24
pandemii: şi progrese în microbiologic, 84 – 85; şi călătoria cu avionul, 125 – 26; ca ameninţare globală, 245 – 47; şi dimensiunea efectelor negative, 89 – 91
Parfit, Derek, 134
Pauli, Wolfgang, 238
Pământ: ipoteza Gaia, 246; istorie, 55; milioane de secole, 7 – 8; fără posibilitate de a scăpa în spaţiu, 171; ca unic loc cunoscut pe care există viaţă, 138; posibile planete gemene, 149; îi purtăm de grijă, 16
Peleris, Rudolf, 252 pesimism, 256 – 57 Petrov, Stanislav, 25
Pfizer, abandonarea medicamentelor neurologice, 241
pieţe financiare, calculatoare în 28, 118, 125, 218
Pinker, Steven, 88 – 89
planete: ca o consecinţă a Big Bangului, 244; aflate în jurul stelelor, 148 – 49; locuibile, 142 – 43, 154 – 55; nave spaţiale trimise spre, 162 – 64; tehnici de a le descoperi 148 – 49, 150 – 52. *Vezi şi* Pământ; Marte; sistem solar; *Venus*
Planetlab, 161
planificarea infrastructurii, 53 – 55 plăci tectonice, 199
Pluto, 162
poliomielită, virus sintetizat, 76 politici de mediu, un orizont de planificarea, 53 – 54

Polkinghorne, John, 224 – 25 Popper, Karl, 232 – 33 pozitroni, 193
previziuni: şi complexitatea, 199; dificultăţi privind schimbările nepredictibile, 13; limite fundamentale ale 195 – 96; istoria erorilor în 17 – 18
principiul prudenţial, 133, 256 producţie de bunuri: dispersia globală, 125; şi inechităţile între naţiuni, 115; şi maşinile care o preiau, 106, 115
progres medical: probleme etice asociate cu, 81 – 86; disponibilitate inegală a, 11
progres moral, 12. *Vezi şi* etică Proiectul Manhattan, 126 – 27 Proiectul Orion, 92
proprietăţi emergente, 201, 213, 244
proprietăţile materiei, determinate cu ajutorul calculatoarelor, 217 – 18
punct palid albastru, 16, 137, 152, 186
puncte critice, 10, 29, 41, 50
Queloz, Didier, 149
R & D pentru temperarea schimbării climei, 58
radiaţie: reguli stricte pentru radiaţii de nivel scăzut, 66 – 68; teamă de 64, 66
radiotelescoape, 153, 178, 236; radiotelescopul ALMA din Chile, 236
Ramanathan, Ram, 42 rata de actualizate şi generaţiile viitoare, 25, 52 – 53
război, şi noile tehnologii, 117 Războiul Rece, 23 – 27 reactor pe bază de toriu, 65 Reactorul Experimental Termonuclear International (RETI), 65 realitate fizică: şi percepţia ei diferită, 142, 216; şi ameninţări induse de oameni, 135 – 36; şi putere limitată a minţii omeneşti, 15, 214 – 16, 220; şi univers observabil, 162, 207, 210, 212; concepţia noastră limitată despre, 209. *Vezi şi* multivers; univers realitate. *Vezi* realitate fizică reciclare, 46, 56, 140 recunoaşterea facială, 99, 103, 105, 117
recunoaşterea irisului, 99 recunoaşterea vorbirii, 99, 103 redistribuirea bogăţiei, 12, 111 – 12 reducţionism, 201, 202 refugiaţi: investiţii pentru crearea locurilor de

muncă pentru, 36. *Vezi şi* migraţie reglementări: internaţionale, 248 – 49; pentru tehnologii potenţial periculoase, 248; şi mentalităţi publice, 44 – 45
religie, 229 – 38; Biserica Catolică, 43 – 44, 77; aspecte comunale şi rituale, 227; implicare în chestiuni globale, 255 – 56; şi evoluţie, 221 – 23; viziunea oamenilor de ştiinţă despre, 220 – 21; şi strădania pentru coexistenţa paşnică, 226 – 27
Repository for Germinal Choice, bancă de spermă, 81
reţea vulnerabilă, 125 – 26. *Vezi şi* reţele electrice; internet reţele electrice: şi avarii catastrofice, 125 – 26; şi atacuri cibernetice, 29; întreruperi datorate exploziilor solare, 23; de înaltă tensiune în curent continuu (ITCC), 60; optimizare cu ajutorul IA, 102
revoluţie copernicană, 210, 233 rezerve de apă: şi încălzirea globală, 50; planificare internaţională pentru, 249; folosire la producerea hranei, 31
rezistenţă la antibiotice, 85 rinichi vânduţi pentru transplant, 84
roboţi inteligenţi, 14, 136, 174.
Vezi şi inteligenţe anorganice roboţi ucigaşi, 117
roboţi: asamblarea viitoarelor telescoape spaţiale, 156; în războiul automatizat, 117; autonomie, 123; pentru îngrijire 112; inteligenţi, 14, 173 – 74 (*vezi şi* inteligenţe anorganice); aterizaţi pe o cometă, 162; dexteritate limitată, 103; producţie cu ajutorul lor în ţările dezvoltate, 115; componente nano pentru, 97; optimism referitor ta, 11; ca potenţială ameninţare, 126 – 27; şi conştiinţa de sine, 123; în spaţiu, 136, 145, 146; şi călători în cosmos, 171 – 73. *Vezi şi* IA (inteligenţă artificială) Rockstrăm, Johan, 41 Roomba, aspirator, 122 *Roseta*, misiune spaţială Rotblat, Joseph, 252 Royal Society of London, 73 Rumsfeld, Donald, 215 Russell, Stuart, 119, 122
Sagan, Carl, 137, 152, 178, 254 Saturn, 162 – 63 sănătate: îmbunătăţiri actuale globale, 12; optimism tehnologic privind, 34
sărăcie: şi Biserica Catolică, 43; scăderea numărului

de săraci, 11; şi impactul internetului, 97 – 98, 115; şi migraţia pentru a scăpa de 115 – 16; şi comunităţile religioase, 255
scală temporală: şi planificarea schimbărilor globale, 9 – 10, 71 – 72, 246. *Vezi şi* termen scurt schimbare climatică, 28, 46 – 53: şi dezvoltarea adecvată a tehnologiilor, 10; şi modele pe calculator, 216; şi nivel de încredere al predicţiilor, 195; şi scepticismul lui Dyson despre caracterul urgent, 92; feedbackul vaporilor de apă şi al norilor, 48, 68; şi geoingineria, 69 – 71, 256; şi obstacole geopolitice în planificare, 256 – 57; pierderea biodiversităţii produsă de 41; măsuri de atenuare realiste pentru, 55 – 58; şi motive de inacţiune, 53 – 55; şi consecinţele sociale majore, 244 – 45; şi durată de răspuns, 71, 257; şi implicarea Vaticanului, 43 – 44. *Vezi şi* dioxid de carbon în atmosferă; încălzire globală schimbări de paradigmă, 233 Schrödinger, ecuaţia, 190, 200 – 1 Shockley, William, 81 shogi, joc, 102
Silicon Valley, şi tinereţe fără bătrâneţe, 94 – 95
Simpson, John, 252 singularitate, Kurzweil despre, 124
sistem solar: şi artefacte ale extratereştrilor, 182 – 84; origine, 140 – 41; originea elementelor componente, 140; şi explorarea în acest secol, 163. *Vezi şi* planete; Soare
Skeptical Environmentalist, The (Lomborg), 52
Smith, F.E., 18
Soare: înţelegere actuală şi în trecut, 9; localizare galactică, 141; ciclul de viaţă, 202 – 3; furtuni magnetice produse de 23; fuziune nucleară în 65, 140; origine, 140. *Vezi şi* sistem solar social media: generalizare globală, 35 – 36, 98; şi optimişti SETI, 184; răspândirea zvonurilor şi a panicii, 125 – 26; şi folosirea de către organizaţiile globale, 249
SolarCity, companie, 60
SpaceX, 166, 170
spaţiu, ameninţări ale stabilităţii, 128 – 30, 135

specii invazive, 87
Sputnik I, 158
starea vremii: evenimente extreme, 50; prognoză, 195, 216; şi perturbări regionale, 51
Staţia Spaţială Internaţională (SSI), 159 – 60
stele: ca obiecte simple, 197 – 98; în cosmologia modernă, 244
stele neutronice, 185
Stern, Nicholas, 52
strangelet, 128 – 30
strangulare, în evoluţie, 176 – 77, 180
Stuxnet, 28
subiecte de cercetare ştiinţifică, 251
Sundback; Gideon, 230
supraconductivitate la temperaturi înalte, 217
supraconductori, 217 supraveghere video, 91 sustenabilitate, conferinţa de la
Vatican despre, 42 – 43
şah, 101 – 2
ştiinţă: tendinţe descurajatoare pentru tinerele talente, 240 – 41; practici şi stiluri diverse în 234 – 35; parte a culturii globale, 243 – 44; ierarhie, 200 – 1; necesitatea înţelegerii de către publicul larg, 242 – 43; noi tehnologii şi instrumente pentru, 235 – 36; şi filosofia, 231 – 34
ştiinţă normală, definită de Kuhn, 233
ştiinţe cetăţeneşti, 179, 241 – 42
tehnologie: îmbunătăţirea vieţii unei mari părţi a populaţiei datorită, 12, 71 – 72, 244 – 45; nevoia pentru o dezvoltare corespunzătoare, 10, 30, 71 – 72; optimism cu privire ta, 11, 256 – 57; ca aplicaţie practică a ştiinţei, 230; metode fundamentale păstrate în caz de apocalipsă, 246 – 47; pentru experimente ştiinţifice, 235 – 36; şi progresul în timp, 173 – 74; şi consecinţele distructive neintenţionate, 245 – 46
tehnologia informaţiei (IT): datorată cercetării fundamentale universitare, 241; generalizată la nivel

global 35 – 36; şi oameni de ştiinţă independenţi. 241 – 42. *Vezi şi* calculatoare; internet tehnologia sateliţilor, 161 tehnologia senzorilor, 118 – 19, 163 – 64

tehnologie spaţială: reglementări internaţionale, 249 – 50; sateliţi, 160 – 63

telefon inteligent (smartphone), 13, 97, 98, 106, 120, 246

telescoape spaţiale, 156, 161 – 62 telescoape: pe partea îndepărtată a Lunii, 4; optice, aflate pe pământ, 153 – 54, 156; radiotelescoape, 153, 178, 236; spaţiale, 156, 161, 162

Telescopul European Extrem de Mare (E-ELTA), 153 – 54, 156 Telescopul Spaţial James Webb, 156

Teller, Edward, 127 telomeri, 92 tensiuni internaţionale, 127 teologie naturală, 226 teoria coardelor, 193, 205 – 6, 212 teoria inflaţiei cosmice, 212 – 14 termen scurt, 37 – 38, 54 – 55, 117, 255 – 56, 257. *Vezi şi* scală temporală teroare biologică, 89 – 91, 245 terorism: şi biotehnică 85, 88, 90 – 91; într-o lume interconectată, 244 – 45; şi noile tehnologii, 116 – 17; şi armele nucleare, 27

The Population Bomb (Ehrlich), 30 Thomas, Chris, 87 Titan, 146, 155 Tito, Dennis, 168 traducere cu ajutorul calculatorului, 103, 121

transplanturi de organe, 83 – 84 transplanturi mitocondriale, 77 tranziţie demografică, 38 – 39 Trump, regimul şi schimbarea climatică, 46 – 47

Tunguska, incidentul de la 21

ţări în curs de dezvoltare: energie curată, 58 – 59, 61; şi redistribuirea eficace a resurselor pentru, 255; şi culturi modificate genetic, 31, 79; impactul tehnologiei informatice în 97 – 98; şi megaoraşe din, 30, 37, 90, 125; şi nevoia unei bune guvernări, 36 – 38; şi necesitatea de a depăşi stadiul consumului exagerat, 35, 45; tendinţe demografice în 39 – 40. *Vezi şi* Africa; China; India ţânţari, şi răspândirea viruşilor, 86 – 87

univers: Dyson despre limitele numerice ale, 204 – 5; adaptat pentru viaţă, 212, 223 – 24. *Vezi şi* Big Bang;

multivers urbanizare, 1, 29 – 30. *Vezi şi* megaoraşe în ţări în curs de dezvoltare vaccinuri, 76 – 77, 84, 85 valori spirituale, ecologi, 41 variolă, virus, 86
variola cailor, virus, sintetizare, 96
vehicule electrice, 56 – 57, 60 vehicule fără şofer, 103, 107 – 8, 110, 118
venit universal, 111
Venter, Craig, 76, 94
Venus, 145, 154
veveriţe, alterare genetică, 87 viaţă: Pământul ca singură planetă a, 138; şi planete locuibile, 143, 151, 155; origine, 146 – 47, 154 – 55; univers adaptat la 212, 224 – 25. *Vezi şi* extratereştri inteligenţi vid, 129, 204 – 5 virusuri, 76, 85 – 87, 91, 97 Vital Signs (Semne Vitale), proiect, 49
vitamina A, deficienţă, 32
viziune mondială asupra mediului, 41 – 42
Voyager I, 137 – 38
vulcani, 22, 114
Wallace, Alfred Russel 43, 144
Weinberg, Steven, 200, 214
Weitzman, Martin, 52
Welby, Justin, 225
Wells, H.G., 19 – 20, 258
Wigner, Eugene, 192
Wilczek, Frank, 213
Wilson, E.O., 41 – 42, 231
Wittgenstein, Ludwig, 181 *World în 2030*, *The* (Smith), 18 xenotransplantare, 84
zbor cosmic cu oameni la bord, 163 – 172. *Vezi şi* Apollo, programul zboruri spaţiale: şi combustibilul ca impediment, 168 – 69; cu echipaj uman, 163 – 73; explorări de pionierat, 157 – 58 (*vezi şi* programul Apollo); şi companiile private, 166 – 67
Zika, virus, 87
Cuprins
Prefaţă 5

Introducere 7
1. În adâncul antropocenului 17
1.1. Pericole şi perspective 17
1.2. Ameninţările nucleare 23
1.3. Ameninţările ecologice şi punctele critice 29
1.4. Menţinerea în limitele planetei 40
1.5. Schimbarea climatică 46
1.6. Energia curată – şi un „plan B”? 53
2. Viitorul omenirii pe Pământ 73
2.1. Biotehnologia 73
2.2. libertehnologie, robotică şi IA 97
2.3. Ce se va întâmpla cu locurile de muncă? 105
2.4. Inteligenţă de nivel uman? 118
2.5. Riscuri cu adevărat existenţiale? 125
3. Omenirea în perspectivă cosmică 137
3.1. Pământul în context cosmic 137
3.2. Dincolo de sistemul nostru solar 147
3.3. Zborul în spaţiul cosmic – cu şi fără echipaj uman 157
3.4. Spre o epocă postumană? 171
3.5. Inteligenţă extraterestră? 176
4. Limitele şi viitorul ştiinţei 189
4.1. De la simplu la complex 189
4.2. Să înţelegem lumea noastră complexă 194
4.3. Cât de departe se întinde realitatea fizică? 202
4.4. Va eşua ştiinţa? 214
4.5. Cum rămâne cu Dumnezeu? 220
5. Concluzii 229
5.1. Practica ştiinţei 229
5.2. Ştiinţa în societate 242
5.3. Speranţe şi temeri comune 251
Note 259
Index 269
www.*polirom.ro*
Redactori: Lucia Popovici, Silviu Alexandru Coperta: Radu Răileanu Tehnoredactor: Luminiţa Păun
Bun de tipar: noiembrie 2019. Apărut: 2019

Editura Polirom, B-dul Carol I nr. 4 P.O. BOX 266 700506, Iaşi, Tel. & Fax: (0232) 21.41.00; (0232) 21.41.11; (0232) 21.74.40 (difuzare); E-mail: officepolirom.ro Bucureşti, Splaiul Unirii nr. 6, al. B3A, sc. 1, el. 1, sector 4, 040031, O.P. 53

Tel.: (021) 313.89.78; E-mail: office. bucureştipolirom.ro

Tiparul executat la GANESHA PUBLISHING HOUSE – Bucureşti tel.: 021 423.20.58, tel. /fax: 021 424.98.13, e-mail: contactganesa.ro, web: ganesa.ro